

111



# ***Evolución Post-Glaciár del nivel del mar en el NO de la península Ibérica: El caso del Golfo Ártabro***



*María José Mosquera Santé*

El trabajo contenido en esta Memoria presentado por la Licenciada María José Mosquera Santé y titulado:

**Evolución postglaciar del nivel del mar en el NO de la Península Ibérica: el caso del Golfo Ártabro,**

Para aspirar al Grado de Doctora por la Universidad de A Coruña, ha sido realizado bajo mi dirección.  
A Coruña Septiembre de 2000



Fdo. Juan Ramón Vidal Romani  
Catedrático de Geodinámica  
Universidade de A Coruña

# Agradecimientos



## AGRADECIMIENTOS:

Quiero expresar mi agradecimiento a mi Director de Tesis, el Prof. Dr. D. J. R. Vidal Romaní, del Instituto Universitario de Geología Isidro Parga Pondal, por su interés en que se realizara este trabajo, por su apoyo y orientación constantes y sobre todo por creer en mí.

Al Prof. Dr. Alejandro Cearreta, de la Universidad de País Vasco, por su orientación en el inicio de esta investigación.

Al Prof. Dr. Guillermo Mateu, de la Universidad de las Islas Baleares, quien me brindó la oportunidad de conocer todos sus trabajos, y de quien aprendí la importancia de la determinación taxonómica, de la revisión bibliográfica así como de establecer los criterios de discusión y conclusiones.

Al Prof. Dr. Roberto Bao, de la Universidad de A Coruña, por facilitarme los sondeo con los que se realizó esta Tesis Doctoral.

A Teresa Cantó Vidal, Ayudante de Laboratorio de la Universidad de A Coruña, por su colaboración en la preparación de muestras y en la extracción de foraminíferos de los restos sedimentarios, sin su ayuda esta Tesis sería menos completa.

A Aurora Grandal, Profra. Dra. de la Universidad de A Coruña, quien colaboró en la realización de mi primera publicación.

A Miguel Maestro, Director de los S.X.A.IN., por la realización de las fotografías al Microscopio Electrónico de Barrido de los foraminíferos.

A mis compañeros del Instituto Universitario de Geología Isidro Parga Pondal Fernando López González por la elaboración de los mapas sedimentarios, Daniel Fernández Mosquera por completarlos a nivel informático y a Leticia López Canelo por su colaboración en la fase final de esta tesis y por poder compartir comentarios y críticas sobre él mismo.

A Virginia, quien realizó los trámites necesarios para que iniciase los estudios de Tercer Ciclo y me facilitó documentación, a través del Laboratorio Xeolóxico de Laxe, durante toda la investigación.

A mi amigo Luís Rodríguez López, por su apoyo logístico e informático

A mi hija Tania, que facilitó la incorporación de los distintos gráfico al texto definitivo de ésta Tesis Doctoral.

A Ana Martelli, secretaria del Instituto Universitario de Geología Isidro Parga Pondal, por realizar los trámites administrativos necesarios para la lectura de esta tesis y su impulso final en las interminables últimas correcciones.

A Xosé Cobas, por la realización de la portada de este trabajo.

A mis amigas Charo, Balby y Yolanda, siempre sufrieron mis momentos de desesperación.

A Juan por soportarme estoicamente hasta el final.

Finalmente quisiera agradecer la colaboración de todas aquellas personas que con sus desánimos contribuyeron a mi mayor esfuerzo.



# Dedicatoria

A mis hijas Irene y Tania. Los años dedicados a esta Tesis pertenecen a su infancia.

# Índice

---

CAPÍTULO

0

INDICE



0. ÍNDICE	
I.OBJETIVOS.....	1
II.- ANTECEDENTES.....	7
II.1. Situación general de la zona de trabajo en el contexto de las Rías Gallegas.....	9
II.1.1. Hipótesis sobre el origen de las Rías gallegas.....	9
II.1.2. La serie sedimentaria en las Rías gallegas: datos generales.....	9
II.1.2.a La serie sedimentaria submarina en la costa de Galicia.....	10
II.2. La serie cuaternaria en las Rías gallegas.....	11
II. 3 Antecedentes geomorfológicos de Galicia.....	11
II.4. Condiciones de la línea de costa gallega en los últimos 20.000 años.....	13.
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
III. 1.Procedencia de los sondeos estudiados.....	21
III.2. Sonda vibro Corer. ....	21
III.3 Perfiles sísmicos ....	22
III.4 Recolección de material fósil:.....	23
III.4.1-Registro de los foraminíferos bentónicos fósiles.....	23
III.4.2 Registro de las muestras. ....	23
III.4.3 Preparación del material para el estudio microscópico.....	23
III.4.3.a. Desagregación. ....	24
III.4.3.b. Lavado. ....	24
III.4.3.c. Separación preliminar de los caparazones de foraminíferos. ....	24
III.4.4. Separación de la microfauna de los residuos.....	25
III.5. Determinación taxonómica.....	25
III.6. Microscopía Electrónica de Barrido.....	25
III.6.1. Fundamentos:.....	26
III.6.1.2. Dotación instrumental. ....	26
III.6.1.3. Prestaciones.....	26
III.7. Dataciones por <sup>14</sup> C-AMS.....	26
III.8.Calibración de dataciones de <sup>14</sup> C-AMS.....	28
III.8.1. Introducción ....	29
III.8.2. Compatibilidad de equipos. ....	29
III.8.3.Corrección efecto reservorio para muestras marinas ....	29
III.8.4. Corrección de vida media.....	29

III.8.5. Corrección por fraccionamiento isotópico del d13C .....	29
III.8.6. Redondeo.....	30
IV BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE FORAMINÍFEROS.....	31
IV.1. La célula: su contenido y funciones.....	33
IV.1.1. Descripción general. ....	33
IV.1.2. Ciclo reproductor. ....	34
IV.1.3. Morfología del caparazón. ....	35
IV.1.4. Estructura de la pared.....	35
IV.1.4.a. Pared aglutinada.....	36
IV.1.4.b. Pared microgranular.....	36
IV.1.4.c.Pared calcárea.....	36
IV.1.5. Forma y tamaño del caparazón.....	37
IV.1.6. Forma y disposición de las cámaras.....	37
IV.1.7. Porosidad.....	38
IV.1.8.Ornamentación. ....	38
IV.1.9. Abertura.....	39
IV.1.10. Crecimiento. ....	39
IV.2. Generalidades sobre la ecología de los foraminíferos bentónicos.....	40
IV.2.1. Temperatura.....	41
IV.2.2. Salinidad.....	41
IV.2.3. Profundidad. ....	42
IV.2.4. Nutrición. ....	43
IV.2.5.Substrato.....	43
IV.2.5.a-Influencia del substrato sobre el contenido específico. ....	43
IV.2.5.b-Influencia del substrato sobre la característica cuantitativa. ....	44
IV.2.5.c-Influencia del substrato sobre la morfología de la concha. ....	44
IV.2.6. pH.....	45
IV.2.7. Turbidez.....	45
IV.2.8. Iluminación.....	45
IV.2.9. Oxígeno.....	46
IV.2.10. Carbonato cálcico.....	46
IV.2.11. Corrientes y marejadas.....	46
IV.2.12. Otros factores ecológicos. ....	47
IV.3. Observaciones biogeográficas y ecológicas de las distintas especies,(Murray, J.W., 1991 a y b).....	47
IV.4. Posición sistemática.....	50
V. INTERPRETACIÓN MICROPALAEONTOLÓGICA DE LOS SONDEOS.....	53
V.1 Introducción.....	55
V.2. Zona de Doniños.....	56
V.2.1. Sondeo C-22, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.....	56
V.2.2.Sondeo C-25, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.....	56
V.2.3.Sondeo C-28, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.....	56



V.2.4. Sondeo C-29, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.....	57
V.2.4.a. Niveles 440 cm a 410 cm.....	57
V.2.4.b. Niveles 390 cm a 375 cm .....	57
V.2.4. c. Niveles 375 cm a 155 cm.....	58
V.2.5. Sondeo C-31, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.....	59
V.3.- Zona de Ferrol.....	59
V.3. 1. Sondeo C -52, Ría de Ferrol, Golfo Ártabro.....	59
V.3.1.a. Niveles 585 cm a 535 cm .....	60
V.3.1.b. Niveles 525 cm a 120 cm .....	60
V.4.- Zona de Ares.....	62
V.4.1. Sondeo Ares VC 6, Ría de Ares, Golfo Ártabro.....	62
V.4.1.a. Niveles 530 cm a 455 cm.....	62
V.4.1.b. Niveles 410 cm a 140 cm.....	63
V.5. Zona de Coruña Ría .....	63
V.5.1. Sondeo C-49, Ría de A Coruña, Golfo Ártabro.....	63
V.5.1.a. Niveles 120 cm a 40 cm.....	65
V.5.2. Sondeo C-60, A Coruña, Golfo Ártabro.....	65
V.5.3. Sondeo P.R. (Puerta Real), A Coruña, Golfo Ártabro.....	70
V.6. Zona de Orzán.....	71
V.6.1. Sondeo C-42 Orzán, (A Coruña), Golfo Ártabro.....	71
V.7. Zona de Sabón-Punta Langosteira.....	72
V. 7.1. Sondeo C-35, Punta Langosteira, (A Coruña), Golfo Ártabro.....	72
V.8. Tablas de los sondeos estudiados.....	76 a 83
VI. DISCUSIÓN.....	85
VI.1 Datación de las series estudiadas .....	87
VI.1.1 Método utilizado.....	87
VI.1.2 Calibración.....	87
VI.1.3. Efecto reservorio.....	89
VI.2. Consideraciones generales sobre el registro micropaleontológico estudiado.....	89
VI.3. Situación y características individualizadas de los sondeos estudiados en el contexto del Golfo Ártabro.....	90
VI.3.1. Zonación de la series estudiadas .....	90
VI.3.1.1 Zona basal (20.000 y 15.000 años B.P).....	90
VI.3.1.2 Zona inferior (entre 15.000 y 8.000 años B.P).....	91
VI.3.1.3 Zona media (entre 8.000 y 4.000 años B.P).....	91
VI.3.1.4 Zona superior (4.000 años B.P a la actualidad).....	91
VI.3.2. Zona de Doniños.....	92
VI.3.2.a. Sondeo C-22, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.....	92
VI.3.2.b. Sondeo C-25, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.....	92
VI.3.2.c. Sondeo C-28, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.....	92
VI.3.2.d. Sondeo C-29, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.....	93
VI.3.2.d. 1-Zona basal (entre 440 cm y 410 cm).....	93
VI.3.2.d. 2-Zona inferior (entre 390 cm y 375 cm).....	93
VI.3.2.d. 3- Zona media (375cm a 155 cm).....	93
VI.3.2.d. 4- Zona superior (125 cm.- 0 cm).....	94



VI.3.2.e. Sondeo C-31, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.....	94
VI.3.2.e.1 Zona media (280 cm.-0 cm.).....	95
VI.3.3. Zona de Ferrol .....	95
VI.3.3.a Sondeo C-52, Ría de Ferrol, Golfo Ártabro.....	95
VI.3.3.a.1 Zona inferior (585 cm-535 cm): .....	95
VI.3.3.a.2 Zona media (525 cm-120 cm): .....	96
VI.3.3.a.3 Zona superior (entre 95 cm y 20 cm).....	96
VI.3.4. Zona de Ares.....	97
VI.3.4. a. Sondeo Ares VC- 6, Ría De Ares, Golfo Ártabro.....	97
VI.3.4. a.1.Zona basal (entre 530 cm y 455 cm).....	97
VI.3.4. a.2. Zona inferior (entre 440 cm y 402 cm).....	98
VI.3.4. a.3. Zona media (entre 410 cm y 140 cm).....	98
VI.3.4. a.4. Zona superior (entre 125 cm y 20 cm).....	99
VI.3.5. Zona de Coruña.....	99
VI.3.5.a. Sondeo C-49, Ría de A Coruña, Golfo Ártabro.....	99
VI.3.5.b. Sondeo C-60, A Coruña, Golfo Ártabro.....	100
VI.3.5.c. Sondeo P.R. (Puerta Real), A Coruña, Golfo Ártabro.....	100
VI.3.6. Zona de Orzán.....	101
VI.3.6.a. Sondeo C-42 Orzán (A Coruña), Golfo Ártabro.....	101
VI.3.6.a.1 Zona basal (entre 4.35 cm y 335 cm).....	101
VI.3.6.a.2 Zona inferior (entre 310 cm y 210 cm).....	101
VI.3.6.a.3 Zona media (entre 180 cm y 135 cm).....	101
VI.3.6.a.4 Zona superior (entre 135 cm y 60 cm).....	102
VI.3.7 Zona de Sabón-Punta Langosteira.....	102
VI.3.7.a. Sondeo C-35, Punta Langosteira, (A Coruña), Golfo Ártabro.....	102
VI.4. Evolución del nivel del mar en la costa norte de Galicia (Golfo Ártabro) durante los últimos 20.000-15.000 años.....	103
VI.5. Figuras 6.1 a 6.6.....	108 a 112
VII. CONCLUSIONES.....	113
VIII.- BIBLIOGRAFÍA.....	117
IX.-LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS.....	129
IX.1. Consideraciones generales.....	131
IX.2. Zona A.1 Doniños.....	132
Figuras 9.1 a 9.6.....	133 a 140
IX.3. Zona A2 Ferrol.....	141
Figuras 9.7 a 9.8.....	141 a 142
IX.4 Zona B Ares.....	143
Figuras 9.9 a 9.10.....	143 a 145
IX.4. Zona C. Orzán.....	146
Figuras 9.11 a 9.13.....	146 a 148
IX.5 Zona D Ría de Coruña.....	149
Figuras 9.14 a 9.17.....	149 a 152
IX.6. Zona E Punta Langosteira.....	153
Figuras 9.18 a 9.20.....	153 a 155

Anexo 1:Fotografías:

Láminas 1 a 14





# Objetivos

---

CAPÍTULO



**OBJETIVOS**

## I.-OBJETIVOS

### I.1.- INTRODUCCIÓN.

Los estudios relacionados con las Rías gallegas son de gran interés dado el carácter de estas formas tan particulares de costa. Su origen, diferente a todas las costas del Mundo, aunque desde hace más de un siglo intentara ser explicado por VON RICHTHOFEN, (1901), en su viaje alrededor de todo el Mundo, no parece haber sido totalmente descifrado hasta el momento. Uno de los problemas que más han afectado al correcto entendimiento del origen de estas formas ha sido la casi total ausencia de sedimentos ora en la zona emergida o continental de las Rías gallegas, ora en la zona sumergida de las mismas aunque también en la estrecha plataforma continental por la que se prolongan hacia el mar. A las Rías gallegas se les ha supuesto, (como viejas y distinguidas damas que son), muy diversas edades, muy diversos orígenes y muy diversas historias. En este trabajo sólo se han podido interpretar sus últimos 15.000 años, un poco más de lo que es el Holoceno o también llamado Postglaciar. Aunque su origen se había presumido siempre muy antiguo, se muestran aquí como formas jóvenes, al menos por lo que dicen los sedimentos preservados en ellas. Este trabajo es un intento de reproducir con la mayor fidelidad posible la evolución de las condiciones marinas en el interior de un grupo de rías, de las llamadas intermedias, según la definición de TORRE ENCISO (1954, 1958), que confluyen en el Golfo Ártabro, en las proximidades de dos importantes poblaciones de la costa gallega: A Coruña y Ferrol durante el final del Cuaternario.

La disponibilidad de las muestras estudiadas, procedentes de una campaña submarina realizada por el MOPU en 1990 con la finalidad de prospeccionar zonas arenosas en la Plataforma continental y zonas externas de las Rías, determinó que en su mayor parte las muestras estudiadas fueran esencialmente arenosas. En el estudio previo de estos sedimentos se comprobó la presencia sistemática a lo largo de todo el sondeo de test de foraminíferos estando ausentes otros microfósiles (diatomeas, polen), aunque aparecieran esporádicamente niveles con fragmentos de moluscos. Por todo ello, el criterio utilizado para realizar este trabajo de Tesis Doctoral fue el de definir las variaciones en los parámetros ecológicos a partir de las asociaciones de foraminíferos bentónicos presentes en las secuencias sedimentarias estudiadas. Todos los sondeos incluidos corresponden a sedimentos marinos que, salvo en un caso, se hallan situados por debajo del nivel del mar actual. En este sentido pues, este trabajo es puramente micropaleontológico ya que no se han tomado en cuenta ni la geometría de los cuerpos sedimentarios, ni su relación interna, ni tampoco su litología y granulometría (salvo a los efectos de justificar la proporción de los diferentes tipos de conchilla), y sólo se ha proporcionado una información general sobre el



sedimento. La razón es obvia; el estudio de la evolución de un medio tan complejo como el sistema de Rías del Golfo Ártabro requeriría una interpretación detallada de los datos existentes de sísmica de reflexión submarina, análisis de los cuerpos sedimentarios y de sus relaciones, además del estudio micropaleontológico (polen, diatomeas, foraminíferos, etc), algo que supera, con mucho, las posibilidades de la Doctoranda con una formación exclusivamente en micropaleontología. Por otra parte, se hace mucho más sencillo proceder a realizar el trabajo sedimentario una vez que exista una información, como la que se presenta en esta Tesis Doctoral, que aporta una información, hasta ahora inexistente, sobre la cronología y los cambios en el nivel del mar en la zona de trabajo. Otros intentos de conseguir estos objetivos desconociendo los datos cronológicos y micropaleontológicos han dado lugar a interpretaciones erróneas sobre el comportamiento del nivel del mar durante el Holoceno en la costa gallega. Téngase en cuenta que se trata de una costa cuya evolución geodinámica se halla envuelta en una enorme polémica, durante los últimos 100 años, sobre su origen. A ésta se ha añadido en los últimos tiempos, (ZAZO et alii 1996; HERNÁNDEZ MOLINA et alii 1994; MARTÍNEZ GRAÑA et alii 2000), un conflicto adicional relativo a su comportamiento tectónico, lo que hace especialmente interesante que deba definirse previamente a todo, tanto la cronología de la secuencia estudiada como su carácter: marino, continental o mixto. Ha sido esta idea, así como la formación de la doctoranda, la que ha aconsejado orientar el trabajo como se ha hecho, dejando para más adelante y para otros investigadores especializados en esa tarea, el definir el comportamiento, desde un punto de vista sedimentario del sistema de Rías denominado Golfo Ártabro, desde el final del Pleistoceno hasta la actualidad.

A pesar de todo lo dicho anteriormente, la secuencia sedimentaria estudiada es la primera para Galicia, descrita en el medio marino, con una continuidad, equivalente en el tiempo, a las series más largas, (con excepción de las del Neógeno lacustre), estudiadas en las zonas continentales de Galicia, (SANTOS 1996; LEIRA 2000). Por esta razón, como en los casos anteriores, interesaba más definir el cambio en las condiciones ecológicas durante el mismo intervalo de tiempo, (desde el tardiPleistoceno hasta el final del Holoceno), que describir la mecánica sedimentaria generada por ese cambio. En las condiciones actuales de conocimiento del final de la época glaciaria hasta la actualidad en Galicia son pocos los datos que existen propios a la zona. Distintos autores, (ZAZO et alii 1996; HERNÁNDEZ MOLINA et alii 1994; MARTÍNEZ GRAÑA et alii 2000), recurren en la mayoría de los casos a la extrapolación de información procedente de zonas más o menos alejadas del NW de la Península Ibérica. También sucede con harta frecuencia que se correlacionan series sedimentarias sin otros criterios que los granulométricos, las relaciones entre cuerpos sedimentarios, etc., no definidos a partir de sondeos reales ni a la observación directa de cortes estratigráficos, sino por otros criterios, esencialmente reflectores sísmicos. Aun sin negar la validez de aplicación de estos criterios contrasta el hecho de que en los trabajos antes citados no se hayan apoyado las observaciones con sondeos reales, dataciones radiométricas (dataciones absolutas), y mucho menos con el estudio del registro micropaleontológico contenido en los sedimentos.

Desde el punto de vista con el que se ha enfocado este trabajo es más fácil correlacionar registros sedimentarios marinos y continentales si se consideran los cambios ambientales representados en ellos, convenientemente datados para que las correlaciones

correspondientes sean fiables.

Sin embargo, la información existente sobre los niveles marinos a lo largo de toda la costa cantábrico atlántica gallega es muy escasa y poco indicativa. Por una parte debido a su mal desarrollo: series sedimentarias cortas, muy pobres y frecuentemente obliteradas por los movimientos de masas asociados a una costa en su mayor parte muy escarpada y sin condiciones propicias para la conservación de los niveles marinos, que en la mayoría de los casos han sido fosilizados por depósitos de vertiente más modernos, (MARTÍNEZ GRAÑA et alii, 2000; ALONSO & PAGES 2000). Ese hecho indica que la dinámica superficial en estas zonas está representada más por los procesos erosivos que por los de sedimentación. Además los sedimentos correspondientes, cuando se encuentran, se demuestran azoicos, su estratigrafía perturbada y con una cronología de difícil concreción.

La única posibilidad de avanzar positivamente en el estudio de la evolución de la costa gallega era contar con secuencias continuas, sin interrupciones y con fósiles. Y para ello es necesario recurrir a las series marinas. Y dentro de ellas se han demostrado las más adecuadas las correspondientes a ambientes litorales marginales pues en ellas, a los datos de microfauna marina, se asocian con frecuencia otros correspondientes al medio continental, (polen), quedando por ello mejor reflejadas las variaciones del nivel del mar que en las series equivalentes correspondientes a zonas más profundas de la plataforma continental.

Los objetivos de esta Tesis Doctoral son pues los siguientes:

- 1ª) Estudiar la presencia y abundancia específica de foraminíferos bentónicos.
- 2ª) Deducir las asociaciones existentes.
- 3ª) Definir los paleoambientes que describen dichas asociaciones.
- 4ª) Realizar un catálogo de foraminíferos bentónicos para el área de trabajo hasta ahora inexistente.
- 5ª) Establecer la cronología de la serie estudiada por medios radiométricos.
- 6ª) Definir la curva de variación del nivel del mar para el intervalo de tiempo estudiado en la medida de lo posible.
- 7ª) Establecer las etapas para el comportamiento del nivel del mar desde el final del Pleistoceno y durante todo el Holoceno.
- 8ª) Correlacionar los datos obtenidos con los tramos de costa adyacentes en donde existan datos con un grado de fiabilidad comparables a los nuestros.



# Antecedentes

---

CAPÍTULO

II

**ANTECEDENTES**



## II.-ANTECEDENTES

### II.1.- SITUACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE TRABAJO EN EL CONTEXTO DE LAS RÍAS GALLEGAS.

#### II.1.1. Hipótesis sobre el origen de las Rías gallegas.

Las Rías del Golfo Ártabro, (Coruña, Ares, Betanzos y Ferrol), (Fig. 2.1), forman parte de las llamadas rías intermedias (TORRE ENCISO 1958) gallegas (Fig. 2.2). Hasta ahora pocos trabajos han enfocado el problema de su evolución durante el Cuaternario más que de una forma genérica, (ver VIDAL ROMANÍ 1983). En todos ellos se plantea el problema del origen de estas características formas costeras aunque sin grandes precisiones al carecerse, para definirlo, de series sedimentarias continuas y de dataciones absolutas. La dualidad que se discute en estos trabajos previos es si el origen de las Rías gallegas es tectónico, por hundimiento individualizado de cada Ría según sistemas de fallas *ad hoc* o se trata de simples procesos epigénicos es decir: incisión fluvial (más o menos ayudada por movimientos isostáticos, eustáticos, epirogénicos o de flexura o tal vez de todos ellos). En los últimos años a partir de 1991, (VIDAL ROMANÍ 1991), se ha comenzado a integrar el origen y la evolución de las Rías gallegas en el contexto de la Tectónica Global o de Placas. En estos trabajos (VIDAL ROMANÍ 1991, 1996; VIDAL ROMANÍ et alii 1998), se retoman viejas ideas como las expuestas ya desde VON RICHTHOFEN (1901) y reutilizadas por TORRE ENCISO (1954, 1958) y también PAGÉS (1996) y YEPES (1998), añadiéndoseles nuevos datos que permiten llegar a una idea más moderna sobre su origen, (VIDAL ROMANÍ et alii 1998). Se admite entonces que la disección fluvial es la causa final de la formación de las Rías, considerándola como uno de los procesos más enérgicos que han intervenido en su modelado aunque se matice este proceso, (VIDAL ROMANÍ 1991; VIDAL ROMANÍ et alii 1998) con la participación de los enérgicos cambios isostáticos relacionados con la apertura del Océano Atlántico durante el Cenozoico y finalmente los cambios eustáticos derivados de las etapas glaciares e interglaciares plio-pleistocenas.

#### II.1.2. La serie sedimentaria en las Rías gallegas. Datos generales.

A la luz de los datos aportados por esta Memoria de Tesis Doctoral los efectos determinantes de la situación final de las Rías gallegas tienen lugar durante el Holoceno al ocasionar el relleno actual de las Rías. Este proceso ocasiona la deposición de las series sedimentarias reconocibles en el momento actual. Algunos autores, sin embargo, (PANNEKOEK 1966 a y b, 1970; ACOSTA & HERRANZ 1984; REY 1990; 1993; NONN 1966; HERNÁNDEZ MOLINA et alii 1994) han hecho notar la presencia de terrazas fluviales pleistocenas, formando la base de los depósitos holocenos transgresivos en distintas rías, (Muros, Arousa, Coruña, etc.), (Fig. 2.3 a y b). En nuestra zona, la sedi-

mentación que se ha conservado, es la que corresponde a los intervalos transgresivos marinos finales, esencialmente holocenos. La incisión, durante los episodios regresivos marinos debió producir la erosión parcial o total de estas series y/o el depósito de terrazas. Pero esto sólo se produjo en los casos en que el fondo de la Ría quedaba al descubierto, lo que, como se verá más adelante, no se detecta en los sondeos estudiados en este trabajo.

La serie sedimentaria estudiada aquí representa una etapa situada entre el final del Pleistoceno y la actualidad. Los datos aportados incrementan la información existente, (NIETO & VIDAL ROMANÍ 1989; GRAJAL 1990; ALONSO & PAGÉS 2000) para el caso del Golfo Ártabro con un estudio detallado de la sedimentación en el conjunto de las 4 rías (Coruña, Ares, Betanzos y Ferrol) y sus zonas adyacentes, (Doniños, Orzán y Sabón-Langosteira). Aunque las series definidas no son, por limitaciones instrumentales, muy largas (5 m longitud máxima), representan los últimos 14.000-20.000 años de evolución de este tramo de la costa atlántica gallega. En trabajos recientemente publicados, (ALONSO & PAGÉS 2000; MARTÍNEZ GRAÑA et alii 2000), y que corresponden a distintos puntos de la costa gallega se describe la evolución del nivel del mar durante el Cuaternario a partir de depósitos de vertiente, removilizados por deslizamientos gravitatorios, a veces identificados como fallas, (MARTÍNEZ GRAÑA et alii 2000). En este último trabajo se describen algunos afloramientos en la zona de las Rías bajas (Ría de Arousa, Pontevedra, Galicia) a los que se ha atribuido una edad de 150.000 años B.P. y cuyo fallado permitiría identificar la existencia de movimientos tectónicos en momentos tardíos del Pleistoceno. Se trata de depósitos de vertiente que fosilizan un nivel marino (+1m), también afectado por una falla. En otros casos, (ver VILAS MARTÍN et alii 1986, 1988), se identifica como de origen tectónico el escalonamiento de niveles marinos, situados a diferentes alturas sobre el nivel actual del mar. Un problema adicional en el estudio de estas series continentales es el carácter fragmentario del registro lo que plantea grandes dificultades de correlación y más cuando se localizan, como corresponde a los casos mencionados, a zonas muy distantes de la costa gallega. Aún es más problemática la correlación con la costa Cantábrica, (MARY 1967, 1968, 1970 a y b; 1971 a y b; 1972, 1974, 1975, 1983, 1985, 1992; MARY et alii 1975) donde se hace una extensa presentación de datos sobre niveles marinos intercalados con depósitos continentales aunque sin estudios polínicos o dataciones de radiocarbón  $^{14}\text{C}$ . En base a estos datos se asigna a los depósitos un origen marino o una altura sobre el actual nivel del mar. Solo se han tenido en cuenta a la hora de redactar la Discusión de esta Memoria de Tesis Doctoral aquellos trabajos contrastados convenientemente por dataciones o estudios micropaleontológicos.

#### II.1.2.a. La serie sedimentaria submarina.

En otros casos, los datos previos existentes proceden del estudio de las series sedimentarias marinas que han sido realizados utilizando sísmica de refracción en la mayor parte de la costa gallega, incluyendo Rías y Plataforma continental, (HINZ & PANNEKOEK 1970 ; ACOSTA 1982; ACOSTA & HERRANZ 1984; REY & DÍAZ DEL RÍO 1985, 1987; REY & MEDIALDEA 1989; PEREZ et alii 1989; REY 1990; REY & SOMOZA 1993), (Fig. 2.3). En ellos, la identificación y correlación se basa en cri-



terios sedimentarios obtenidos por sísmica, (Fig. 2.3 a y b). En esta Memoria de Tesis Doctoral se presenta la información complementaria a la obtenida por sísmica de refracción submarina, lo que permite afinar mucho más los datos obtenidos del estudio del registro sedimentario marino gallego. Una de las primeras deducciones que se obtienen es que las series sedimentarias marinas no son ni muy potentes ni tampoco tan antiguas como se pensaba inicialmente, lo que ha llevado entre otras cosas a reconsiderar el origen de las Rías, como formas generadas por procesos de erosión continental con una entrada del mar en las mismas, muy tardíamente durante el Cuaternario, (PAGÉS & VIDAL ROMANÍ 1998), aunque exista en este proceso, prolongado aproximadamente desde el inicio del Cenozoico, una evidente influencia de los procesos erosivos activados por las modificaciones en el nivel de base regional del borde costero tras la apertura del Océano Atlántico (VANNEY et alii 1979; VIDAL ROMANÍ 1996; PAGÉS & VIDAL ROMANÍ 1997).

## II.2.- LA SERIE CUATERNARIA EN LAS RÍAS GALLEGAS.

El registro presentado aquí fue investigado inicialmente en una campaña de sísmica de refracción, (MOPU 1990). Está formado por arenas y fangos con muy poco espesor, (raramente sobrepasa los 10 m). Sin embargo, en algún caso se han detectado mayores espesores en algunos puntos concretos del área de estudio: Ría de Ferrol, (MOPU 1990), o Laguna de Doniños, (VIDAL ROMANÍ et alii 2000), (a veces superiores a los 40 m). Las investigaciones posteriores, (VIDAL ROMANÍ et alii 2000), indican que, o bien se trata de zócalo alterado, o bien son errores de estimación por fallos en la calibración del método geofísico o geoeléctrico utilizado en la prospección previa. El registro submarino mejor estudiado, (MOPU 1990), corresponde a una compleja zona de Rías situada en el Golfo Ártabro: (Rías de Coruña, Betanzos, Ares y Ferrol, NW de España), (Fig. 2.1). El hecho de que hasta el momento no se hubiera realizado en esta zona ningún trabajo que complementara con sondeos reales los datos obtenidos por criterios de sísmica de refracción submarinos o sondeos geoeléctricos, (MOPU 1990), hacen aún más interesantes las aportaciones presentadas en esta Memoria de Tesis Doctoral en donde se realiza una caracterización micropaleontológica complementada por datación por métodos absolutos (AMS radiocarbón) de la secuencia sedimentaria estudiada.

## II.3.- ANTECEDENTES GEOMORFOLÓGICOS DE GALICIA.

La costa NW de la Península Ibérica adquiere sus límites actuales aproximadamente al inicio del Cenozoico, y como consecuencia directa de la apertura del Océano Atlántico, (VIDAL ROMANÍ et alii 1998). Sin embargo, su morfología a escala de detalle ha variado desde entonces grandemente. Dos son los factores que contribuyen decisivamente a su diferenciación. Por una parte la definición de un nuevo nivel de base marino en el Oeste y Norte de la Península Ibérica hacia el que se van a graduar los antiguos ríos gallegos así como los nuevos que se generen a partir de ese momento. La erosión remontante activada por estos cambios en el nivel de base va a inducir la penetración de la nueva red de drenaje hacia el interior del continente, (PAGÉS & VIDAL ROMANÍ



1997), con captura de la antigua red fluvial mesozoica y el consiguiente desvío de sus aguas concentrando la erosión fluvial en el flanco Oeste de Galicia, ya que es allí donde se producen los casos de formas erosivas más significativos, conocidas ya desde antiguo, (VON RICHTHOFEN 1901), como es el caso de las Rías gallegas. La disección fluvial origina consecuentemente un contrastado rejuvenecimiento del relieve que afecta globalmente al NW de la Península Ibérica también desde finales del Mesozoico, (LAUTENSACH 1941, 1945; CANTANO 1996; PAGÉS 1996; YEPES 1998; FERRÚS 1998). Sin embargo la velocidad a la que se producen los procesos tectónicos derivados de la fragmentación de Pangea, y que están en el origen de la morfología actual de Galicia, (TWIDALE & VIDAL ROMANÍ 1994), se hacen a una velocidad lo suficientemente lenta (FERRÚS 1998), como para que la disección fluvial sea un proceso perfectamente verosímil a la hora de desplazar la interpretación tectónica catastrófica como el efecto principal en la generación del relieve gallego post Mesozoico. La justificación de que estos procesos sean más patentes en el Oeste se debe a que allí no sólo los cursos fluviales poseyeron sus mayores caudales (motivado esencialmente por las capturas) sino por la persistencia de una situación geodinámica distensiva desde el final del Mesozoico hasta la actualidad en el borde costero motivando un descenso en el nivel de base por el estiramiento litosférico consiguiente, (VIDAL ROMANÍ et alii 1998). Ello justifica no sólo el desarrollo de importantes valles de erosión fluvial, (las actuales Rías gallegas atlánticas), que se ven inundados por el mar hacia el final del Terciario, (REY 1990), sino también la preservación en los interfluvios de los ríos atlánticos gallegos de retazos de las antiguas superficies, probablemente mesozoicas, que superan en ocasiones los 700 m de altura sobre el actual nivel del mar. En el resto de la costa gallega, los procesos de captura fluvial y los cambios en el nivel de base antes aludidos no alcanzan magnitudes comparables a las de los efectos ocurridos en el Oeste debido a dos razones fundamentales. Por una parte los ríos capturados son menos caudalosos y, por otra, la evolución geodinámica, principalmente durante parte del Paleógeno, (Eoceno), es opuesta, (compresiva), a la existente en el Oeste. En efecto, el resultado de la compresión en el Norte de la península Ibérica es una elevación del borde costero más que un hundimiento por estiramiento, (como lo prueba la misma existencia de la Cadena Cantábrico-Pirenaica), motivado por la generación de un sistema de fallas compresivas, apreciable en todo el borde Norte de la cadena cantábrica, (VIDAL ROMANÍ et alii 1998), (FERRÚS 1998), (Fig. 2.4). Esta situación, que aún se mantiene en la actualidad, se manifiesta en la leve, pero continuada, actividad sísmica apreciable en todo el occidente de Galicia. El elevamiento acelerado de la litosfera durante la fase de colisión motivó, por lado, un rápido encajamiento de la red fluvial al Norte y, por otro, limitó drásticamente los procesos de ensanchamiento de los valles fluviales así generados cuya actividad principal ha sido esencialmente la de encajarse compulsivamente en el borde continental tratando de alcanzar su perfil de equilibrio teórico (VIDAL ROMANÍ et alii 1998). Una consecuencia es que las Rías norteñas de la Península Ibérica no alcancen nunca las dimensiones de las grandes Rías occidentales gallegas, (Fig. 2.2).

Como se ha podido ver, la dinámica erosiva fluvial y marina ayudados por las modificaciones en el nivel de base propiciadas por la tectónica de placas son procesos que ayudan a explicar la definición del relieve costero gallego actual, aunque no sean los principales en la historia de su definición. El principal factor ha sido en efecto toda la cadena de



acontecimientos que ha propiciado la apertura del Océano Atlántico y como consecuencia el estiramiento y consecuente adelgazamiento de la litosfera. Esto da lugar a una fragmentación de ésta que se extiende ahora como una cadena de bloques que van desde el Banco de Galicia, dominando el escarpe del talud continental sobre la Llanura Abisal Ibérica, hasta el límite de la plataforma continental actual en la costa oeste de Galicia, (GROUPE GALICE 1979).

La excavación de lo que luego van a ser las Rías gallegas se debería según esta hipótesis a movimientos en la vertical, (sea cual sea el origen de estos). En cualquier caso es la actividad erosiva realizada por los ríos en el NW de la Península Ibérica durante el Cenozoico explica de manera más convincente, aunque tal vez menos espectacular que la tectónica, la generación de rasgos morfológicos tan importantes como las Rías Gallegas (altas y bajas), por erosión fluvial como ya propugnara Von Richthofen en 1901. Otro de los hechos que intervienen en la definición de la morfología actual en la Península Ibérica es el de la herencia morfológica mesozoico-terciaria. En efecto, ya ha sido puesto de relieve por otros autores que algunos de los rasgos actuales son exhumados o en otros casos corrosión química (etched). Tanto en Zamora (MARTÍN SERRANO 1989), como en la provincia de Ourense, (YEPES 1998) o en la de Coruña (PAGÉS 1996; PAGÉS & VIDAL ROMANÍ 1997), o incluso en otras zonas de la Península Ibérica (CANTANO, 1996) se han mencionado relieves pseudoapalachianos como algunos de los tipos de formas heredadas conservadas en el momento actual. En otros casos (PAGÉS & VIDAL ROMANÍ, 1997) también se han descrito como formas heredadas en el NW de la Península Ibérica un conjunto de depresiones que forman una de las unidades geomorfológicas más singulares de Galicia. Se trata de la llamada Depresión Media o Meridiana y su conjunto de depresiones satélites o asociadas, (VIDAL ROMANÍ, 1996), y que habían sido interpretadas antes de ahora exclusivamente como formas tectónicas, (PANNEKOEK 1966 a y b 1970; GROUPE GALICE 1979; NONN 1966; BIROT & SOLÉ SABARÍS 1954), son ahora entendidas mejor, (PAGÉS & VIDAL ROMANÍ 1997), como formas de corrosión química (etched), y una edad neógena aproximada. A este tipo de formas heredadas se podrían añadir, de acuerdo con las ideas anteriores, las Rías gallegas separándolas así del grupo de las formas directamente tectónicas y aún considerando su retoque más o menos importante debido a la erosión fluvial.

#### II.4.- CONDICIONES DE LA LÍNEA DE COSTA GALLEGA EN LOS ÚLTIMOS 20.000 AÑOS

Desde 1990 la investigación oceanográfica de la plataforma continental y zona de Rías ha proporcionado nuevos datos al permitir identificar por sísmica de refracción todos los depósitos que recubren el zócalo cristalino en el NW de la Península Ibérica. Las investigaciones realizadas, (REY 1993), (FIG. 2.5), permiten distinguir hasta cuatro unidades principales en el borde costero-plataforma continental gallega: (1) zócalo hercínico; (2) serie cretácica; (3) serie terciaria; (4) cobertera superficial posteocena y niveles marinos colgados entre  $\pm 60$  m y +0 m. sobre el nivel actual del mar.

Los autores (REY 1993), que han estudiado el tema distinguen las siguientes unidades: la primera unidad (1) ahora sumergida es un cinturón rocoso, casi continuo, situa-



do entre -60-100 m y una anchura media de 6 km. Por debajo de -100 m, el zócalo rocoso desaparece bajo los sedimentos cretácicos (2) y terciarios (3). La serie cretácica (2), buza suavemente hacia el Oeste y es discordante con el zócalo. Los materiales terciarios, subhorizontales se apoyan discordantemente sobre serie cretácica y zócalo hercínico. Su espesor varía entre 500 m, a la altura de la costa coruñesa y 40 m, al sur del Cabo Finisterre). El Terciario (3) está representado por areniscas y calizas arenosas con foraminíferos bentónicos, (Fig. 2.5). También está limitado a techo por discordancia erosiva y nunca alcanza la zona de Rías (por lo que la inundación de estas por la subida del nivel del mar debió ser posterior al Terciario), (COLOM 1952, 1954; HERNÁNDEZ PACHECO 1963).

A partir del Terciario todas las unidades comienzan a estar presentes tanto en Plataforma continental como en la zona de Rías, (lo que indica que el mar ya tiene acceso a toda la zona), y el recubrimiento cuaternario es casi continuo en toda la plataforma continental. Está formado por arenas y fangos y tiene poco espesor, (REY 1990). Se distinguen en el dos subunidades : depósitos pleistocenos y depósitos holocenos. Los primeros dispersos y de escasa entidad no se ven claramente en los registros sísmicos submarinos, (HERRANZ & ACOSTA 1984; HINZ & PANNEKOEK 1970; BRONGERSMA & PANNEKOEK 1966; REY 1990) y se han realizado muy escasas dataciones antes de este trabajo, (MARGALEF 1956 a y b, 1959). En superficie aparecen como niveles marinos y fluviales colgados entre +60m, +42-49 m, +33-36 m, +23-24 m discontinuos y azoicos (NIETO FREIRE & VIDAL ROMANÍ 1989). El único criterio de datación es el altitudinal. La altura como criterio de datación en una zona como la nuestra es poco fiable si no va acompañada de otros criterios. Los movimientos producidos por la neotectónica según los autores antes citados en la costa gallega y el estacionamiento repetido del mar en las mismas cotas durante el Cuaternario así parecen confirmarlo. La costa gallega se caracteriza por una generalizada ausencia de niveles marinos fósiles emergidos. Este hecho parece reflejarse en una escasa diversificación en los niveles marinos, en cuanto a su altura con respecto al nivel actual del mar, lo que aún se agrava más cuando se comprueba que en su inmensa mayoría se trata de niveles azoicos, sin dataciones absolutas más que en escasas ocasiones y con la posibilidad de que sean niveles reutilizados por el mar varias veces durante el Cuaternario. Algunos autores, (NONN 1966; SOMOZA & REY 1991; REY & SOMOZA 1993; REY 1990; ZAZO et alii 1996 ; PAZOS et alii 1994; MARTINEZ GRAÑA et alii 2000) hacen atribuciones de edad para estos niveles o incluso construyen curvas para la variación del nivel del mar a lo largo de todo el Cuaternario, (REY 1993; REY & DIAZ DEL RIO 1985; ZAZO et alii 1996; HERNANDEZ MOLINA et alii 1994), no aplicables a Galicia por falta de elementos de referencia (dataciones radiométricas o criterios paleontológicos).

No se trataba pues en este trabajo de Tesis Doctoral del estudio de una serie de sondeos aislados, aun cuando estuvieran, como es el caso, bien localizados en un área correspondiente a una de las Rías denominadas intermedias (TORRE ENCISO 1954, 1958), (Fig. 2.2), sino de situarlos dentro de un contexto geodinámico específico donde oscilaciones eustáticas ( más o menos bien conocidas) y movimientos tectónicos han producido un resultado confuso y desconocido hasta el momento. Nuestro trabajo se ha basado en los datos suministrados por el Instituto Universitario de Xeoloxía Isidro Parga Pondal, que recoge los de instituciones (Laboratorio Xeolóxico de Laxe) y otros investigadores. Así

las tesis doctorales de REY (1990), BAO (1991), SANTOS (1996), PAGÉS (1996) y YEPES (1998), han permitido establecer junto a los trabajos de VIDAL ROMANÍ (1983, 1991, 1996), el actual marco geodinámico situando en él los resultados del trabajo que corresponde cronológicamente al final del Pleistoceno y a la totalidad del Holoceno.

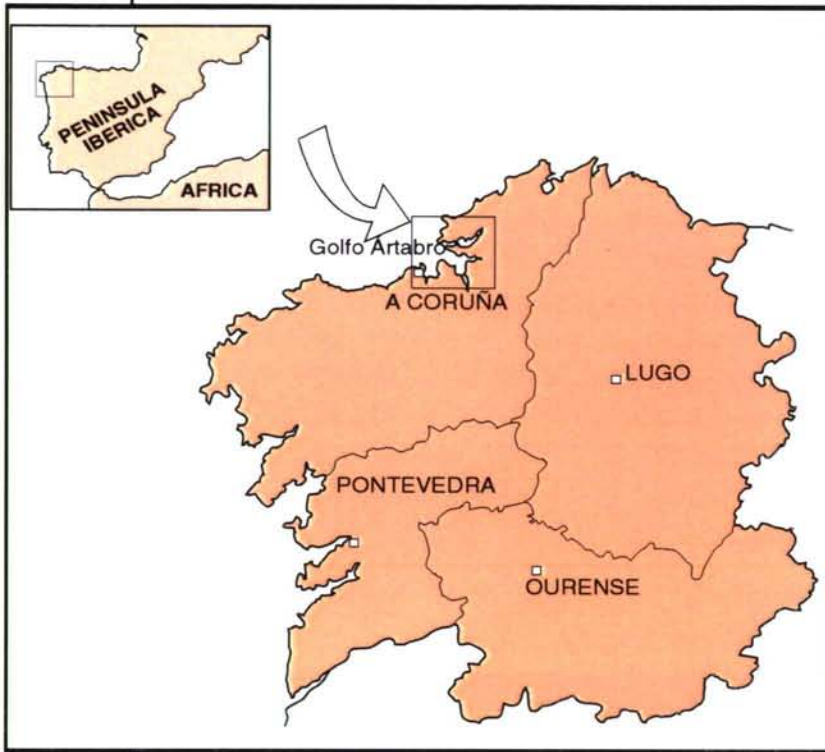
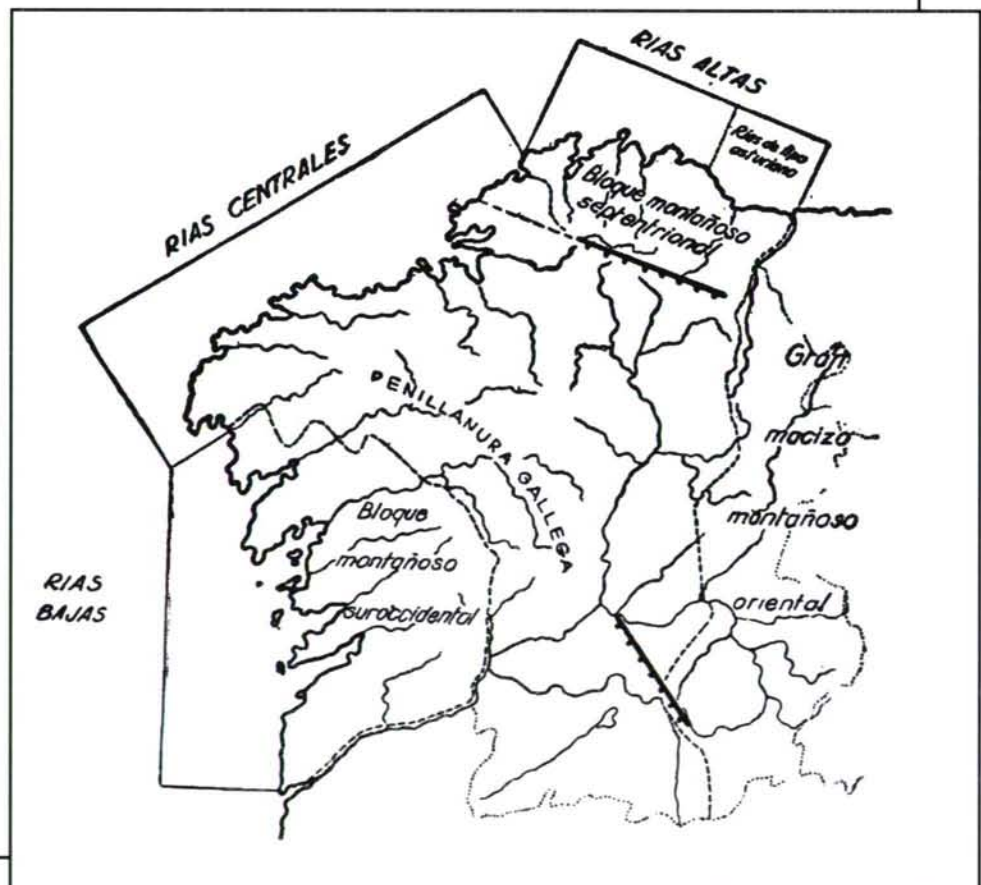


Fig. 2.1.- Situación geográfica del Golfo Ártabro en la costa NW de la Península Ibérica.

Fig. 2.2.- Las Rías gallegas y su marco geográfico, con indicación de las fracturas fundamentales que individualizan a determinados bloques corticales. Tomado de TORRE ENCISO 1958.





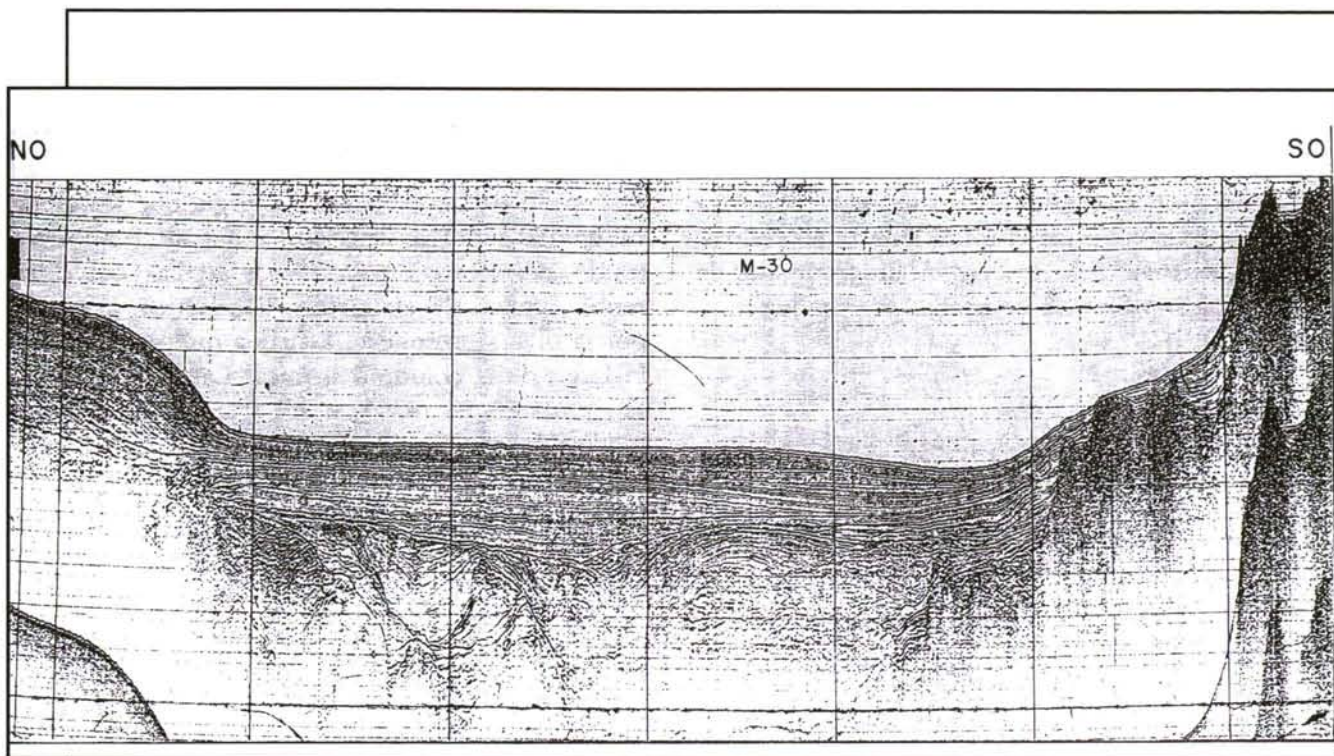


Fig. 2.3.a

Fig.2.3.-a Perfil sísmico (Uniboom 300J), obtenido en la Ría de Muros con las diferentes unidades cronológicas definidas.

Fig. 2.3.b.- Interpretación del perfil sísmico. (3) Unidad preholocena (Pleistoceno). (2) depósitos cenozoicos; (4) Unidad Holocena. (S) superficie de erosión. (Tomadas de REY 1993).

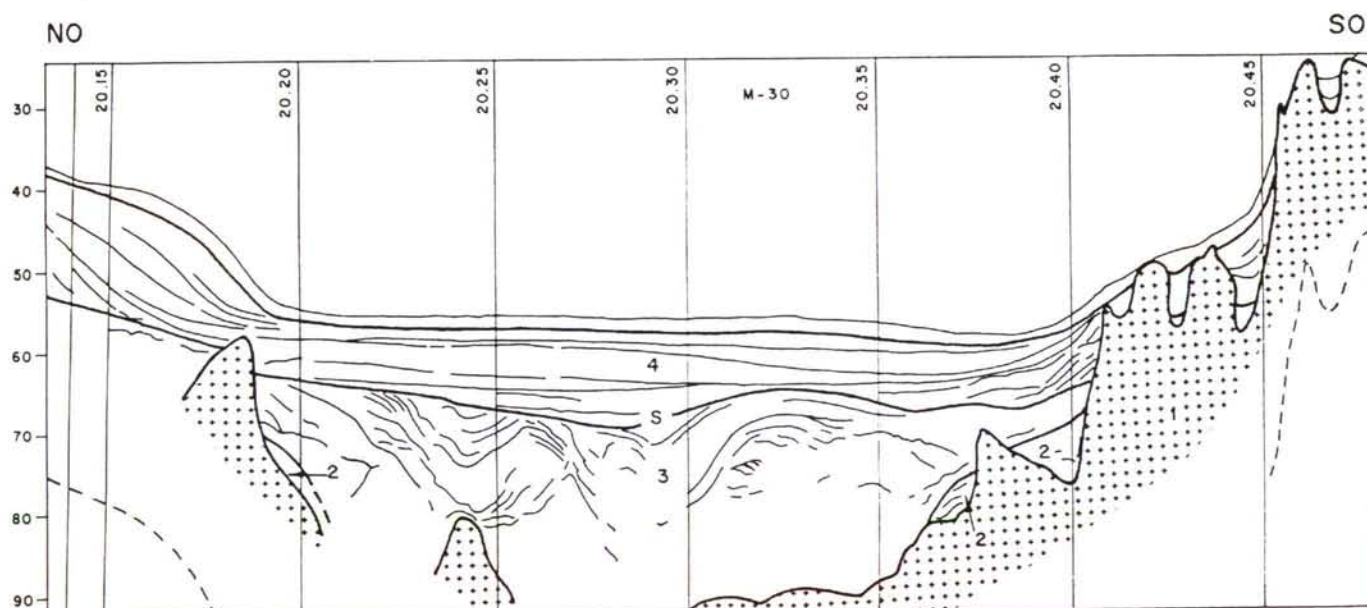


Fig. 2.3.b

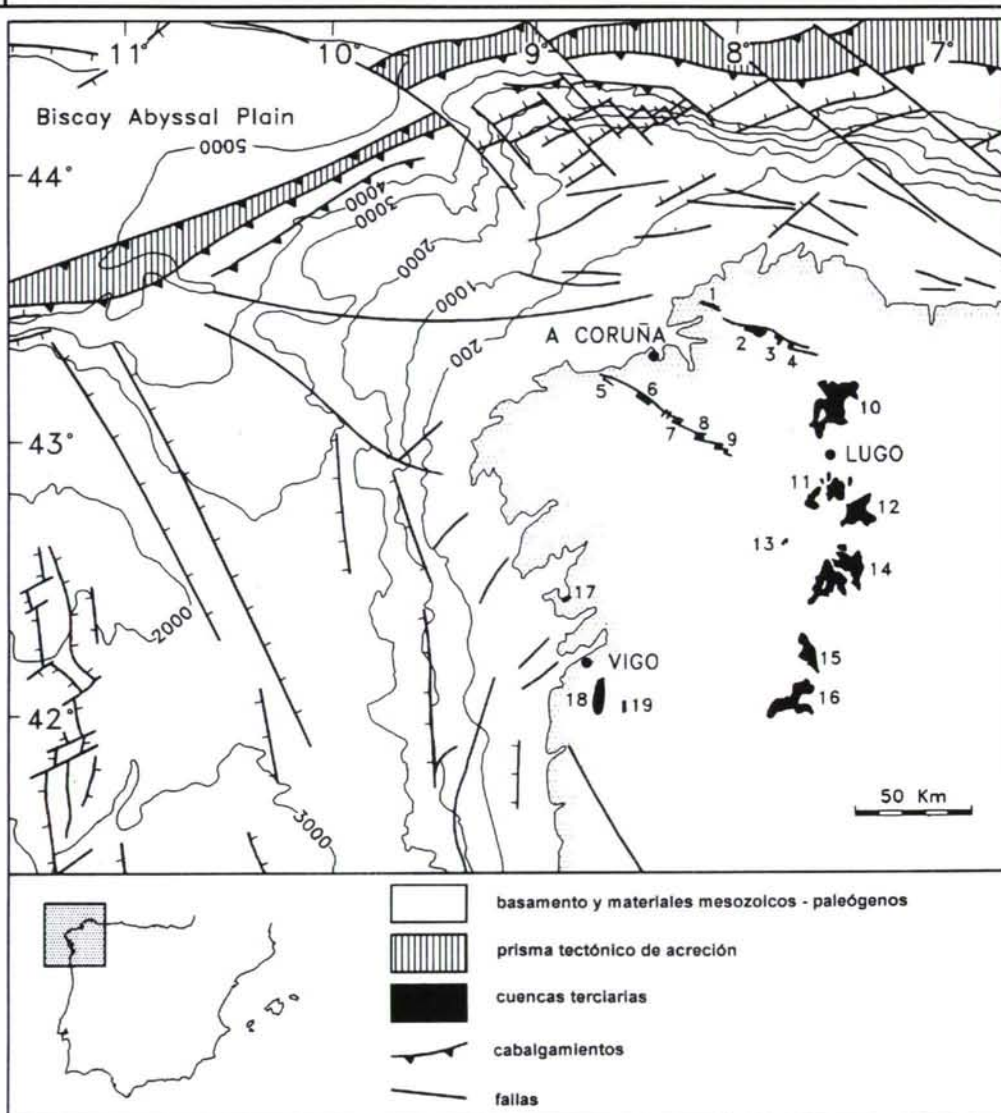


Fig. 2.4.- Contexto geodinámico de las cuencas terciarias del NW de España con respecto al borde norte de la Placa Ibérica. Los números de las manchas negras hacen referencia a las distintas cuencas terciarias gallegas. Tomada de FERRÚS, 1998.



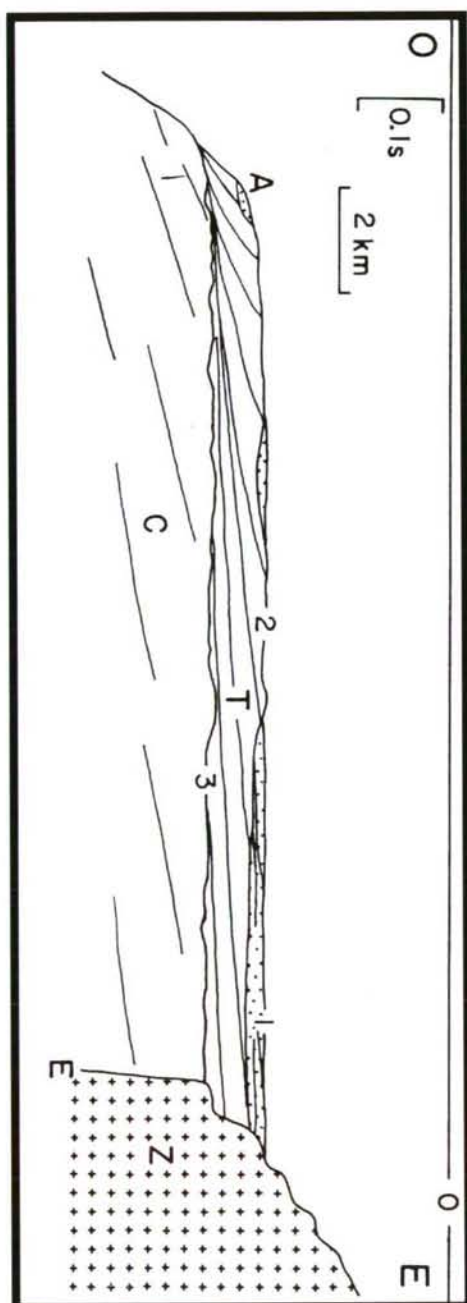


Fig. 2.5.- Sección esquemática a través de la Plataforma oeste de Galicia que muestra la superficie de la cobertura cuaternaria (1), que recubre la superficie postlucense de arrasamientos somital terciaria (2), de la unidad subtabular terciaria (T). Esta unidad reposa sobre la unidad superior cretácica (C) y el zócalo hercínico (Z) discordante a través de una superficie de edad Eocena-Media(3): (A) cono de agradación en el borde de la plataforma. (E) Escarpe del zócalo hercínico derivado por falla .  
(Tomada de REY 1993).

# Material y métodos

---

CAPÍTULO

III

**Material y Métodos**

### III. MATERIAL Y MÉTODOS.

#### III.1.-PROCEDENCIA DE LOS SONDEOS ESTUDIADOS.

Los sondeos estudiados en esta Tesis Doctoral proceden de varias campañas oceanográficas realizadas por la Empresa GEOMYTSA para el MOPU en 1990 con el objetivo de detectar posibles yacimientos de arenas marinas con los que realizar una regeneración de playas en el entorno inmediato del Golfo Ártabro. Aunque fue realizado un estudio de sismica de reflexión en toda la zona se seleccionaron tan sólo para realizar en ellas sondeos, las zonas arenosas, desestimándose las zonas en donde la sedimentación era del tipo no arenoso, no útil para el objetivo antes señalados. La única participación en el citado proyecto por parte de la autora de esta Tesis Doctoral ha sido la caracterización micropaleontológica de los sondeos realizados. De todos los sondeos realizados, más de 60 (Ver Mapas, ANEXO 3), se seleccionaron tan sólo algunos, con el fin de obtener una información detallada de toda la zona del trabajo que incluye hasta 4 Rías (Ferrol, Ares, Betanzos, Coruña). Además, en un principio se realizaron distintos tipos de ensayos para determinar la existencia en los sondeos

#### III.2. SONDA VIBRO CORER

Para la realización de estos sondeos se utilizó un Vibro Corer de Alluvial Mining (Fig. 3.1), compuesto de plataforma y una altura de 7,8 m, dispuesto para recuperar muestras de



Foto 3.1: recuperación del vibrocorer después de realizar uno de los sondeos. (Ría de Muros, Coruña)

hasta 6 m de longitud y un diámetro de muestra de 100 mm. El vibrador es accionado por un motor de 3HP que mueve una leva, dentro de una caja vibradora. Dispone de un variador de velocidad con el que es posible controlar la velocidad y potencia de penetración.



Además, dispone de tubos laminados sin soldadura, de 10 cm de diámetro, y otros interiores o recoge testigos de plástico alojados en su interior. Dadas las características del equipo (peso y altura) no es posible trabajar con olas superiores a 1m debido a movimientos pendulares incontrolables y con corrientes de fondo, pues se corre el riesgo de vuelco del aparato. Este equipo penetra en el fondo hasta un máximo de 6m mediante la transmisión al elemento de hinka de un movimiento vibratorio, la muestra queda almacenada en tubo de PVC interior al sacatestigos, y retenida por una cestilla (tulipán) en la parte inferior, y un pistón en la parte superior del tubo para evitar su salida. El tubo está rematado por una boca cortadora (azuche) para facilitar su penetración. Debido a las características del equipo, es necesaria la utilización de un barco adaptado con un "winch" que permita elevar grandes pesos, una estructura metálica (pórtico) para fondeo y desfondeo del equipo, y un área libre en cubierta

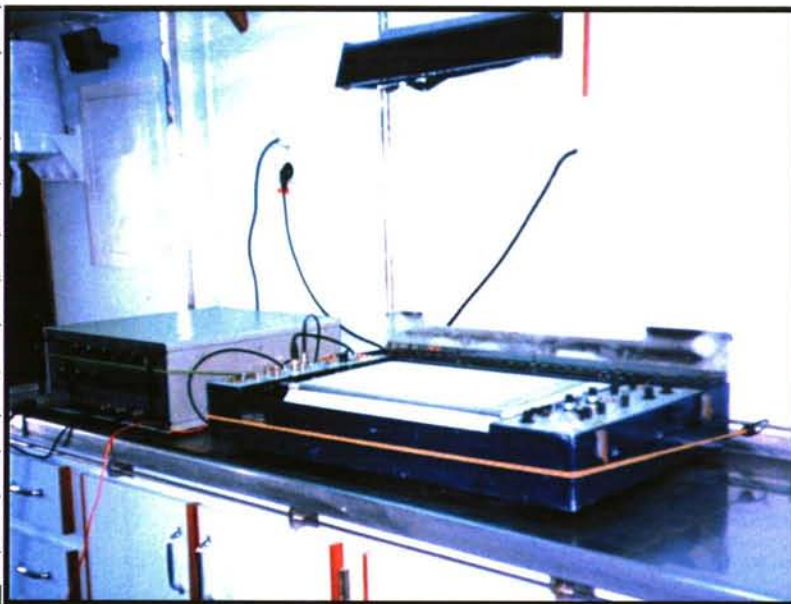


Fig. 3.2: aparato de sismica de reflexión trabajando durante una campaña.

suficiente para las operaciones que se han de realizar con el testigo.

### III.3 PERFILES SÍSMICOS

La utilización de perfiles sísmicos continuos del fondo y subfondo marino es la base de partida para realizar cualquier estudio de carácter regional, al objeto de identificar las diferentes unidades estratigráficas que componen el fondo de las cuencas marinas. Los sistemas de sismica por reflexión, (Fig. 3.2), se basan en la emisión de un pulso sonoro dentro del agua, con la consiguiente recogida de los ecos producidos por la reflexión de dicho pulso en el fondo marino y en los siguientes espejos sísmicos que aparecen en el subsuelo. Midiendo la diferencia de tiempos desde la emisión del pulso hasta la recepción de un eco determinado, y multiplicando este tiempo por la velocidad de propagación del sonido en el medio, se podrá conocer la profundidad del reflector al que corresponde dicho eco. Esta recepción de ecos secuencial en el tiempo es registrada sobre un soporte continuo en sentido transversal, en cuyo extremo se localiza el trazo de la emisión, y a diferentes distancias los distintos trazos de los ecos recibidos.

En sentido longitudinal del soporte donde se registra y a una distancia tal que no se super-

ponga la traza, pero que tampoco quede separada, se repite el proceso de emisión de otro impulso, con la consiguiente recogida de nuevos ecos, y así sucesivamente.

Como el buque va progresando a lo largo de una línea prefijada, el resultado es un gráfico donde queda representada la disposición geométrica del fondo y los reflectores del subsuelo por donde ha pasado el buque, (Fig.2.3).

#### III.4 RECOLECCIÓN DEL MATERIAL FÓSIL:

Las muestras estudiadas provienen todas ellas de sondeos, a excepción de Puerta Real que proviene de un afloramiento de superficie. En ambos casos se toman muestras a intervalos regulares pequeños (de 15 a 50 cm), teniendo en cuenta cada cambio de facies, con la finalidad de obtener mayor número de muestras y mayor exactitud en los resultados, siempre desechando el techo del sondeo para evitar mezclas y errores.

##### III.4.1-Registro de los foraminíferos bentónicos fósiles.

Aparatos para sacar muestras de profundidades muy pequeñas:

A- para estudios cualitativos

B- para estudios cuantitativos.

##### III.4.2 Registro de las muestras.

Todas las muestras obtenidas llevan sus rótulos y las observaciones correspondientes en sus registros especiales. Como se trata de material bentónico, en cada etiqueta figuran los siguientes datos:

a- número de muestra

b- fecha

c- lugar

d- profundidad

e- fondo

f- tipo de extractor: sonda vibrocócorer, para toma de muestras por vibración, con penetración de hasta 6m en el subfondo y con testigo de 100 mm de diámetro.

g- observaciones

h- firma del recolector.

Si la muestra ha sido sacada de una expedición oceanográfica desde un buque, hay que agregar como introducción los siguientes datos:

a- operación: 1ª campaña de sondeos marinos en la costa de A Coruña, MOPU.

b- buque de investigación: "INVESTIGATOR", eslora 42 m. y 7,30 m. de manga.

c- estación.

##### II.4.3 Preparación del material para el estudio microscópico.

La preparación de las muestras consiste en la separación de los caparazones de los forami-



níferos de la roca sedimentaria, consolidada o suelta. Este proceso tiene varias etapas, que en el caso de los foraminíferos fósiles son: desagregación, lavado y filtración.

#### III.4.3.a. Desagregación.

La desagregación es necesaria sólo en aquellos casos en que la muestra es una roca más o menos compacta. Si se desmenuza fácilmente, es suficiente poner el material en agua para que se desagregue por completo.

#### III.4.3.b. Lavado.

El objeto del lavado es eliminar todas las partículas pequeñas, que, por su diminuto tamaño, no pueden ser caparazones de Foraminíferos o representan ejemplares jóvenes, imposibles de determinar.

La finalidad es, sobre todo, hacer más fácil el trabajo posterior con el material bajo el microscopio.

El lavado se realiza, (Fig. 3.3), mediante tamices metálicos especiales, con apertura de malla muy fina (0.063 mm Y 0.4 mm), siendo realmente importante la primera. El proceso de limpieza hay que efectuarlo con cepillo y pincel, bajo agua corriente y varias veces seguidas.

Sin embargo, ocurre que a veces pueden quedar caparazones trabados en la malla. Para evitar un posible error, después de la limpieza, y antes de tamizar una nueva muestra se coloca el tamiz por dos minutos en una solución de azul de metileno. De este modo, todos los foraminíferos se teñirán de azul y por eso serán fácilmente distinguibles de los demás, es decir, de los de la muestra nueva, colocada después.

Lavando la muestra es admisible triturar el material sin forzarlo, entre los dedos, pero sin presionar con éstos sobre el tamiz. Se ha comprobado que esta trituración rompe un porcentaje mínimo de caparazones.

La muestra lavada se coloca en una cápsula de porcelana y se seca en la estufa (100-110 grados durante 15-30 min. ).

#### III.4.3.c. Separación preliminar de los caparazones de foraminíferos.

Este proceso se realiza fácilmente por medio de FLOTACIÓN, el cual sirve tanto para foraminíferos fósiles como para las muestras con ejemplares recientes, previamente tratadas con Rosa de Bengala.

Esta técnica puede efectuarse con algunos líquidos pesados, considerando como mejor de éstos, el tetracloruro de carbono (C Cl 4, peso específico 1.46). Los caparazones que flotan se filtran a través del papel de filtro, a fin de agilizar la operación es conveniente usar papel de filtro con poros grandes.

Se puede utilizar el mismo tetracloruro de carbono varias veces, agregando el volumen que

se evapore. Sus emanaciones son nocivas, sobre todo para el hígado, por eso se recomienda trabajar bajo una campana de laboratorio o cerca de una ventana abierta.

#### III.4.4. Separación de la microfauna de los residuos.

Realizados todos los procedimientos anteriores, se recoge el material en un frasco (5 grs.) a fin de separar los caparazones de los foraminíferos, y si es posible, simultáneamente clasificarlos por grupos, familias o géneros, todo ello bajo el microscopio.

Todas las muestras recogidas, en los distintos sondeos, fueron estudiadas con una lupa binocular estereoscópica de luz reflejada (modelo SZH10, Olympus), utilizando objetivos de 30, 40 y 50, dependiendo del tamaño de los ejemplares.

Para entresacar las conchillas, se cubre el fondo de una cubeta de extracción, (Fig. 3.3), con una capa muy fina de material de la muestra y se coloca bajo la lupa binocular. Se sacan los ejemplares con un pincel muy fino ( $n^{\circ} - 1$ ) mojado, o con una aguja enmangada, cuya punta se ha recubierto previamente con parafina o cera.

La cubeta de extracción es de tipo metálico de 6x9 cm con bordes de 1 cm de altura y algo inclinados, de color negro mate, con fondo dividido por líneas doradas en celdillas cuadrangulares con lados de 5 mm (Fig. 3.3).

Los caparazones entresacados se ponen en un porta-foraminíferos.

El más simple es un rectángulo (75x25 cm.) de cartón con espesor de 2 a 3 mm, sobre un fondo de cartulina negra, o una vaina de aluminio que sostiene el porta-foraminíferos usando un porta-objetos del mismo tamaño del porta-foraminíferos como cubre-objetos. En general entre 250 y 300 individuos, o en su defecto el contenido total de foraminíferos, fueron extraídos y contados en cada muestra.

### III.5. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA.

Las siguientes circunstancias son las que dificultan la tarea mencionada:

- 1-El fenómeno de dimorfismo cíclico (formas macro y microséricas).
- 2-El fenómeno de la variación en las conchillas como consecuencia de las condiciones ecológicas desfavorables.
- 3-El fenómeno de fosilización: durante el mismo las conchillas calcáreas pueden silicificarse o recrystalizarse.
- 4-Las excesivas claves taxonómicas y los sinónimos.

A fin de solventar algunos de ellos, en cada muestra se agruparon individuos con características morfológicas similares realizando un examen bajo el M.E.B., para compararlo con las fotografías existentes en la bibliografía. Posteriormente se fijaban con tragacanto o goma arábica en el porta-foraminíferos correspondiente.

### III.6. MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO.



### III.6.1. Fundamentos:

La microscopía electrónica de barrido posibilita la observación y estudio de superficies muy reducidas de cualquier tipo de material, orgánico o inorgánico, convenientemente preparado para que sea conductor de la electricidad. La superficie objeto de estudio se denomina microvolumen y se estudia mediante la irradiación con un fino haz de electrones, el cual genera una serie de señales que se utilizan para el estudio de diversas características de la muestra: topografía superficial mediante el análisis de los electrones secundarios, la estructura tridimensional y la composición por medio de los electrones retrodispersados.

### III.6.2. Dotación instrumental.

- Microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6400.
- Sistema de análisis elemental por dispersión de energía de Rayos X LYNX eXL-II.
- Sistema de análisis elemental por dispersión de longitud de onda de Rayos X de doble canal para análisis de dos elementos de forma simultánea.

### III.6.3. Prestaciones.

- Estudio y visualización de la topografía y estructura tridimensional de muestras.
- Determinación de la composición elemental del micro volumen.
- Estudio de micro propiedades.
- Análisis de trazas en controles ambientales, controles de calidad, etc.
- Determinación de tamaño y forma de partículas.
- Estudio y caracterización de sustancias desconocidas.
- Determinación del grosor del capas sobre el material en estudio.
- Análisis de fases y determinación de las transformaciones entre fases.
- Análisis con rangos de magnificación intermedio y alto.
- Control de calidad de productos de alta tecnología: características, propiedades, análisis puntual, etc.

### III.7. DATACIONES POR $^{14}\text{C}$ -AMS:

Se separaron, en todos los niveles seleccionados para su datación, con una aguja enmangada 0,017 mg de la especie "*Cibicides lobatulus*". Se eligió esta especie por ser la más abundante en cantidad y la común a todos los niveles de los distintos sondeos, de ese modo podemos comparar las edades con el menor riesgo de error. Posteriormente se enviaron las muestras al Laboratorio Angstrom en la Universidad de Uppsala, Suecia, donde se sometieron a la técnica de datación por  $^{14}\text{C}$  mediante AMS, especialmente válida para el establecimiento de la edad de muestras muy pequeñas, como de moluscos, foraminíferos, polen, o incluso fragmentos de restos humanos. La medida del  $^{14}\text{C}$  radioactivo, permite datar con gran exactitud su edad geológica, hasta los 50.000 años, (límite impuesto por la constante de semidesintegración del isótopo radiactivo  $^{14}\text{C}$ ). El principio de este método de datación se basa en que el  $^{14}\text{C}$  se produce en la atmósfera a un ritmo constante, por



acción de los rayos cósmicos sobre el Nitrógeno, desintegrándose también, a un ritmo constante. Se llega así a un equilibrio entre los dos procesos que mantiene constante la relación  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  en la atmósfera. Plantas y animales presentan la misma relación ya que asimilan el dióxido de carbono directa o indirectamente de la atmósfera. Cuando muere el organismo, no sigue asimilando el  $\text{CO}_2$  y el  $^{14}\text{C}$  que contiene comienza a desintegrarse lentamente, reduciendo su concentración a la mitad cada 5.568 años (la vida media del carbono). Esta técnica se apoya en la afirmación de que la concentración natural del  $^{14}\text{C}$  ha permanecido constante durante los últimos 10.000 años, DELIBRIAS, 1989) y, sin embargo, esto no es cierto, puesto es conocido que la cantidad de  $^{14}\text{C}$  que se encuentra en la atmósfera ha variado a lo largo del Holoceno, siendo sus niveles más altos, en relación a los actuales, hace 6.000 años. Para solucionar este problema, existen calibraciones a años calendarios por dataciones de series dendrocronológicas (BELL&WALKER, 1992). Sin embargo, en este trabajo se utilizaron dataciones sin calibrar para facilitar la comparación de edades con otros trabajos. El instrumento para la medida de la relación  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  es un espectrómetro de masas con acelerador de partículas (AMS) y se divide en tres secciones:

1) Una sección de baja energía que consiste en una fuente de iones negativos seguida por un imán que separa los iones según su relación masa/carga. En esta sección se generan iones positivos mediante el calentamiento de una reserva de Cs líquido; el vapor resultante se ioniza sobre la superficie de una placa de tungsteno mantenido a  $1.100^\circ\text{C}$ . Estos iones de Cs son acelerados, y enfocados hacia un pequeño lugar de la muestra. Los iones de Cs reaccionan con los átomos de Carbono convirtiéndolos en parte en  $\text{C}^+$ , los que son acelerados por un campo electrostático aplicado a una extracción en un sistema de lentes magnéticas. En un campo magnético dado, sólo las partículas con la misma relación masa/carga seguirán la misma trayectoria. Todos los iones producidos tienen la misma carga por lo que se separarán en función de la masa de los iones. Los haces de relación masa/carga 12 consisten sólo en  $^{12}\text{C}^+$ , mientras que los de masa/carga 13, se componen de  $^{13}\text{C}^+$  y  $^{12}\text{CH}^+$  y los de masa 14 están constituidos por  $^{14}\text{C}^+$ ,  $^{13}\text{CH}^+$  y  $^{12}\text{CH}_2^+$ .

2) Eliminación molecular en un acelerador en tándem, donde los iones negativos, son primero acelerados y luego transformados en iones positivos que son posteriormente acelerados al final del tándem. Un acelerador en tándem es un sistema electrostático compuesto por dos tubos localizados en ambas caras de una sección central, llamada terminal; donde se aplica un alto voltaje positivo. Cada tubo consiste en una serie de electrodos de titanio unidos a un aislante de cristal. A través de cada electrodo el voltaje se incrementa sucesivamente desde el inicio hasta el final del tubo. Así una partícula cuando es inyectada en el acelerador, entra con una energía obtenida de la extracción de la fuente, y así que pasan la primera parte del acelerador adquieren una energía adicional, siendo su energía total, una vez alcanzado el final de acelerador, la suma de las dos anteriores. En la parte terminal del acelerador, se inyecta una corriente de argón, así, por colisión con el gas, se diso-

cian las moléculas poliatómicas. Además la colisión provoca la pérdida de electrones externos generándose así iones de carga positiva. El estado de carga que adquiere la partícula positiva es función de su velocidad. En el segundo tubo del tándem, el voltaje disminuye sucesivamente y los iones positivos son acelerados a una energía que es función de su estado de carga. Esta energía difiere de las partículas  $^{13}\text{C}^q+$  y  $^{14}\text{C}^q+$ , resultantes de la disociación  $^{13}\text{CH}^-$  y  $^{14}\text{CH}^-$ , ya que su energía original ha sido dividida en proporción a su masa. Cada una de estas moléculas recibirá así la misma aceleración en el segundo paso del acelerador. En resumen, lo que se obtiene al final del acelerador es una corriente de partículas compuestas por iones H,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  y  $^{14}\text{C}$ , con estados de carga muy distintos. Como la energía depende de la masa y el estado de carga, cada partícula tendrá una energía que la caracterice.

3) Una sección de alta energía donde se eliminan las partículas que no interesan y donde se detectan y se contabiliza el  $^{14}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ , y  $^{12}\text{C}$ . El haz de iones que sale del acelerador, posteriormente entra en un desviador electrostático. La fuerza eléctrica que se aplica a los iones es directamente proporcional a la magnitud del campo eléctrico, perpendicular al haz, siguiendo los iones una trayectoria circular, en la que el radio depende de la relación energía/carga de la partícula. Por lo tanto, el desviador electrostático actúa como un filtro que sólo transmite partículas con un determinado valor de la relación dicha anteriormente, por lo que, en la teoría, saldría un haz puro de  $^{14}\text{C}^{3+}$ . Sin embargo, esto no es así, porque hay un intercambio de carga fuera del terminal, y la energía de los iones varía alrededor de un rango de valores teóricos, de esta forma, en este supuesto haz puro, irían mezclados iones  $^{13}\text{C}$  y  $^{12}\text{C}$ . Para eliminar estos iones no deseados, se utiliza un espectrofotómetro de desviación magnética que separa los iones con la misma  $mE/q^2$  (siendo:  $m$ =masa,  $E$ =energía y  $q$ =carga). El haz transmitido por éste aún tiene una pequeña cantidad de iones  $^{13}\text{C}$  y  $^{12}\text{C}$ . Este haz entra en una cámara iónica llena de gas donde los iones pierden su energía, por colisión con el gas. La energía perdida es caracterizada por  $mZ^2/E_s$ , (donde:  $m$ =masa,  $Z$ = n° atómico y  $E$ =energía). El haz es entonces enviado entre dos placas, donde se crea un campo electrostático, en el que se produce la ionización del gas, siendo recogida su carga eléctrica en el ánodo, (que es proporcional a la energía perdida). Posteriormente se mide su energía residual, siendo ambos valores los que caracterizan cada partícula.

### III.8. CALIBRACIÓN DE DATACIONES DE $^{14}\text{C}$ -AMS:

El programa CALIB, ha sido realizado y distribuido por el Quaternary Isotope Lab, University of Washington. El programa CALIB realiza la conversión desde edad de radiocarbón a años de calendario calibrados y calcula la probabilidad de la distribución de la edad real de la muestra. A partir de los menus del programa existe una gran variedad de opciones y gráficos para expresar los resultados. El programa CALIB se compiló a partir de Microsoft Fortran v5.1. Tanto el programa como los documentos necesarios se reúnen en un documento auto extraíble con Licencia de Pkware, Inc. Para citarlo puede utilizarse la descripción publicada de la anterior revisión, (STUIVER & REIMER 1993).



### III.8.1 Introducción.

El cálculo de la edad por radiocarbono de una muestra supone que la actividad específica del  $^{14}\text{C}$  en el  $\text{CO}_2$  atmosférico ha sido constante. Sin embargo, esta suposición de partida no es válida. La actividad del  $^{14}\text{C}$  en la atmósfera u otros reservorios, y por tanto en la actividad inicial de las muestras datadas ha variado a lo largo del tiempo. Se necesita una base de datos para la calibración que convierta las edades de radiocarbono convencionales en años calibrados, (cal yr). Midiendo la edad de radiocarbono de los anillos de crecimiento de árboles de edad conocida (dendrocronología) es posible elaborar una base de datos a escala de décadas para los últimos 11.854 cal años BP (el año 0 BP = AD 1950) válida para muestras que se hallen en equilibrio con el  $\text{CO}_2$  atmosférico, que se ha podido aplicar a muestras marinas, (STUIVER et alii 1995) usando medias de Uranio/Thorio y de radiocarbono en corales, (BARD et alii 1998). Esto ha permitido ampliar la curva de calibración de edades para muestras atmosféricas y marinas hasta los 24.000 años cal BP. Las bases de datos CALIB aparecen reunidas en STUIVER et alii, (1995).

### III.8.2 Compatibilidad de equipos.

El programa CALIB utilizado en éste trabajo es compatible con cualquier versión de Macintosh y funcionando perfectamente con el sistema operativo OS7.5-8.0 precisando de 1 mB de memoria. Puede fallar con OS8.5.

### III.8.3. Corrección efecto reservorio para muestras marinas

Los organismos de medios marinos o lacustres han estado expuestos a diferentes niveles de  $^{14}\text{C}$  que sus equivalentes en la atmósfera. La calibración para depósitos marinos incorpora en este programa una corrección reservorio debida a escala oceánica global, dependiente del tiempo, de hasta 400 años. Para adaptarla a las circunstancias locales se debe determinar la diferencia DR entre la edad reservorio de la zona en concreto con el valor dado para el modelo oceánico. Una orientación para la determinación del valor de DR y una síntesis para el valor global de DR aparece referenciada en el trabajo de STUIVER et alii, (1995).

### III.8.4. Corrección de vida media.

La vida media aceptada para el  $^{14}\text{C}$  (Libby half-life) para el cálculo de una edad convencional de radiocarbono es 5.568 años, (STUIVER et alii 1995). Si la edad de las muestras se calculase usando una vida media de 5.730 años debería corregirse dividiendo la vida media del radiocarbono 5.730 por 5.730/5.568 o por 1.029. En cualquier caso esta operación debe hacerse antes de utilizar el programa CALIB.

### III.8.5. La corrección por fraccionamiento isotópico del delta $^{13}\text{C}$

Una edad de radiocarbono convencional implica que se realice una corrección de fraccionamiento isotópico mediante la normalización del valor de delta  $^{13}\text{CPDB}$  de  $-25$  o/oo. Dar una edad de radiocarbono sin una corrección del fraccionamiento puede resultar en un error de la edad de radiocarbón de hasta 400 años o más. Pocos laboratorios no introducen la corrección para el delta  $^{13}\text{C}$ . Aunque no es nuestro caso, debe considerarse esta opción cuando fuese necesario.

#### III.8.6.Redondeo

Las edades calibradas deben redondearse al año más inmediato, lo que puede demasiado preciso en algún caso. En especial se redondean los resultados a los 10 años inmediatos cuando se trate de muestras con una desviación estándar mayor que 50 años.



# **Biología y ecología de foraminíferos**

---

CAPITULO

IV

# **Biología y Ecología de foraminíferos**

## IV BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE FORAMINÍFEROS.

### IV.1. LA CELULA: SU CONTENIDO Y FUNCIONES

#### IV.1.1. Descripción general.

El cuerpo "blando" de los foraminíferos está constituido por PROTOPLASMA y contiene uno o varios núcleos. El núcleo contiene membrana nuclear, jugo nuclear, cromatina y nucleolos. Su número varía, así ejemplares con reproducción asexual tienen varios, mientras que aquellos con reproducción sexual presentan uno. El protoplasma se divide en protoplasma interno o endoplasma y protoplasma externo o ectoplasma, en contacto con el ambiente, (ANDERSON & LEE 1991).

Esta división no es neta entre las dos sustancias, ya que en época reproductora todo el protoplasma es endoplasma, pudiendo ocurrir lo contrario, que todo el protoplasma se vierta al exterior aumentando el ectoplasma, en caso de peligro, por ejemplo.

La función del ectoplasma es la segregación de la conchilla, así como el intercambio del organismo con el ambiente. El ectoplasma forma numerosas prolongaciones llamadas pseudópodos. Se trata de filamentos largos que se dividen y anastomosan formando un retículo, dotando al animal de capacidad de moverse o fijarse. En las distintas Familias y Géneros no difieren por su forma, pero sí por su longitud. Si a un foraminífero se le molesta, esconde sus pseudópodos, pero los vuelve a emitir después de un tiempo relativamente corto.

En los pseudópodos se pueden diferenciar dos capas: la parte central, más consistente, denominada estereoplasma, y una cubierta externa, llamada reoplasma.

Las funciones de los pseudópodos son diversas:

1- Sentido del tacto.

2- Función de captura: esta función tiene como finalidad englobar partículas alimenticias. Mediante corrientes que se crean en el reoplasma, las partículas se desplazan hacia el centro del caparazón teniendo lugar a la vez una digestión parcial. La digestión final y asimilación se producen en el endoplasma. Los foraminíferos son omnívoros. Pueden servir para su nutrición diatomeas, quizás su alimento preferido, dinoflagelados, infusorios, radiolarios, partículas de plantas y animales más grandes, como por ejemplo, copépodos, moluscos, etc. También son caníbales, ya que suelen comerse a representantes de su mismo orden.

El carácter de la alimentación de las diferentes especies de foraminíferos depende además del tipo, tamaño y situación de su abertura y de sus poros. Existen también observaciones que demuestran la posibilidad de los foraminíferos de matar a sus víctimas con una sustancia especial, segregada por ellos. Las partículas alimenticias no digeridas, como las frústulas de diatomeas, son llevadas por las corrientes del reoplasma y expulsadas del organismo, pudiendo incluso formar previamente bolos fecales o estercomas (Schaudiuin) con



función biológica no bien definida.

No se puede negar la posibilidad de una nutrición osmótica, o sea la absorción directa de sustancias orgánicas disueltas en el agua, sustancias que son producto de la actividad vital de varias algas (Cianofíceas, Clorofíceas...).

3- Función de locomoción: ésta se realiza por medio de los pseudópodos que son proyectados al exterior por la abertura en el caso de los foraminíferos imperforados, o bien pueden salir también por los poros, en el caso de los foraminíferos perforados.

De cualquier modo el organismo los alarga, los fija en un punto y los atrae luego hacia el resto de su cuerpo. Los primeros cálculos de la velocidad de desplazamiento de los Foraminíferos pertenecen a DUJARDIN, (1841 In BOLTOVSKOY 1965), quien aseguró que en el *G. Elphidium* estaba entre 4 y 8 mm/h., dato que concuerda con las observaciones realizadas por JEPP (1942-1956 In BOLTOVSKOY 1965) cuyo cálculo para el mismo género fue de 4 a 5 mm/h.

En general la velocidad de movimiento es distinta según las especies. Las formas de gran tamaño se desplazan como máximo algunos mms./h.

4- Función respiratoria: es realizada por los pseudópodos pero no es bien conocida.

5- Función de construcción: referido a la construcción de caparazones, será comentada posteriormente.

#### IV.1.2. Ciclo reproductor.

El ciclo vital de los foraminíferos, (Fig. 4.1), se parece en muchos aspectos al de ciertas plantas, se trata de un ciclo con dos fases o tipos de reproducción y maduración. En muchas plantas una fase asexual alternando con una generación sexual, o esquizogonia en el primer caso y gamogonia en el segundo. Puede haber variaciones en el ciclo, lo más frecuente es la supresión de la sexual.

En los foraminíferos, la fase asexual o esquizogonia se caracteriza por individuos con una cámara inicial o prolóculo pequeña y varios núcleos, conforman la generación MICROSFÉRICA.

La fase sexual o gamogonia se caracteriza por individuos con grande prolóculo y un solo núcleo, conforman la generación MACROSFÉRICA o MEGALOSFÉRICA.

Se trata pues de un ciclo alternante. La mayoría de los ejemplares pertenecen a las formas microséricas, lo que sugiere que la sexualidad es una forma secundaria de reproducción. Cuando el individuo se hace adulto, el núcleo se divide en numerosos nucleolos pequeños, los que juntan alrededor de sí una pequeña cantidad de protoplasma y en forma de zoosporas flageladas abandonan el caparazón. A estas zoosporas se las llama gámetas. Generalmente tienen dos flagelos que salen del mismo sitio, pero que son de diferentes longitudes. Las gámetas son pequeñas y morfológicamente no hay diferencias que permitan dividir las en masculinas y femeninas. Poseen movilidad relativa y pueden sobrevivir

en el ambiente por lo menos 24 horas. Dos gámetas al fusionarse (copulación) dan origen a un cigoto. Esto ya es un proceso de reproducción sexual al que se denomina gamogonia. Como resultado se obtiene la forma microsérica. Cuando los gametos abandonan el caparazón, éste se vacía completamente, finalizando la vida del organismo.

Se ha descrito un ciclo reproductivo general, en la naturaleza existen muchas salvedades en cada uno de los puntos del ciclo, depende de la especie, además del hecho de que el ciclo vital (algunos días a dos años, para especies grandes) de la mayoría de los foraminíferos no es conocido. Como ejemplos podemos citar los siguientes:

-*Ammonia beccarii tepida*, se reproduce regularmente cada 4 semanas viviendo en el laboratorio en condiciones óptimas durante un año.

-*Patellina corrugata*, observada por Myers durante dos años, se reproduce con alteración rítmica y regular cada 41 días. *Quinqueloculina seminula* y *Elphidium macellum* tienen una vida individual de un año (BOLTOVSKOY 1965).

#### IV.1.3. Morfología del caparazón.

Los foraminíferos son animales que construyen su concha (test, conchilla, conchuela o caparazón), esta característica la utilizan los paleontólogos para distinguir una especie de otra y para interpretar el tiempo o el ambiente en el que se formó.

La conchilla de los foraminíferos está compuesta por una o más cámaras. En este último caso, la 1ª generalmente es la más pequeña y se denomina cámara primaria, cámara primordial o prolóculus. Las diferentes cámaras están separadas por tabiques que se denominan septos, por fuera éstos se ven como suturas. El orificio principal por donde emerge el protoplasma es la abertura.

Los caparazones pueden diferenciarse mucho más unos de otros según diferentes rasgos morfológicos. La mejor forma de describir estas variaciones es tomando cada rasgo por separado.

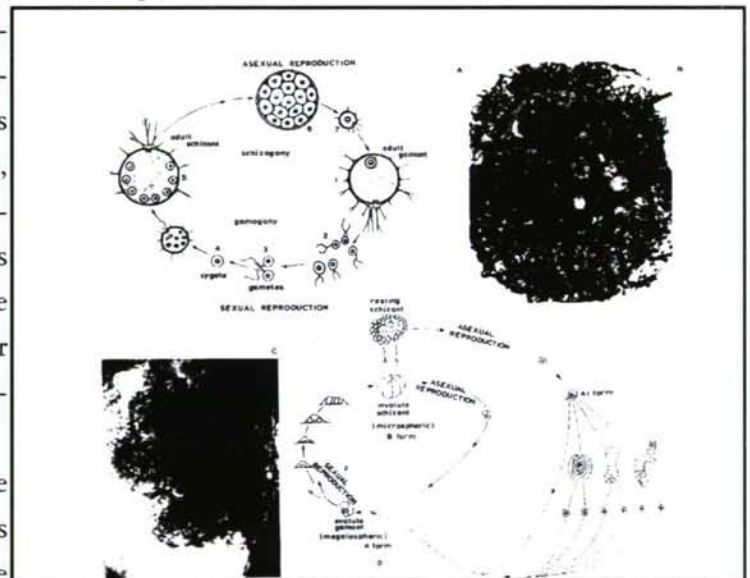


Fig.4.1. Fases en el ciclo reproductivo de los foraminíferos según BOERSMA & HAQ 1978.

#### IV.1.4. Estructura de la pared.

Es el primer rasgo que distingue a los foraminíferos entre sí, se trata de una característica genética, invariable a pesar de las fluctuaciones ambientales.

Si la concha está construida por granos exógenos cementados, decimos que presentan una



pared aglutinada.

Si está construída a base de carbonato cálcico mineralizado, la pared será de tipo calcárea. Si la pared resulta de la combinación de ambos procesos, decimos que es de tipo microgranular.(ver Fig. 4.2.).

#### IV.1.4.a. Pared aglutinada.

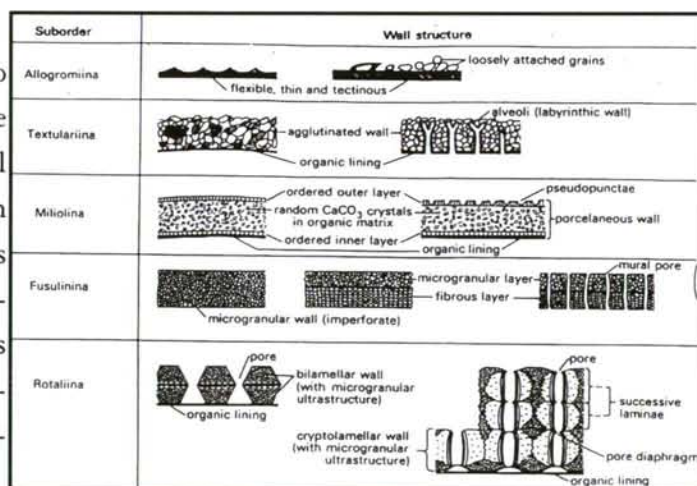
Se trata de la forma más primitiva de pared. Se forma a partir de partículas como granos de arena, conchas de otros microorganismos, espículas de esponjas..., las cuales se cementan con una sustancia orgánica, tectina, compuesta de proteínas y polisacáridos. Una variante es la pared aglutinada de construcción alveolar o de "estructura laberíntica", siempre gruesa que tiene dentro alvéolos irregulares formando cavidades dendroides.

#### IV.1.4.b. Pared microgranular.

Se desarrolla durante el Paleozoico y es considerada como un eslabón entre la forma aglutinada y la calcárea. Consiste en partículas microgranulares de calcita cementadas por una sustancia calcárea.

#### IV.1.4.c. Pared calcárea.

En los caparazones calcáreos el carbonato cálcico no es el único componente, suele haber otros componentes químicos. Es el tipo más común, pudiendo cristalizar en forma de calcita o aragonito, nunca en las dos formas. El carácter mineral es de origen filogenético, no de las condiciones ecológicas, siendo los caparazones de calcita más abundantes que los de aragonito.



Pared calcárea tipo hialino: se caracteriza por presentar numerosas perforaciones. Cuando la calcita o el aragonito se encuentran dispues-

tos de manera ordenada el tipo estructural de pared se denomina "hialina radial". Cuando los cristales se presentan sin orden, el caparazón es "hialino granular". Lo menos frecuente son los caparazones "hialinos compuestos" de un simple cristal de calcita.

Algunas paredes hialinas presentan disposición lamelar, tal es el caso de la Fm. Rotaliidae, lo que significa que las primeras cámaras están muy engrosadas y las últimas son delgadas, ya que en el proceso de formación de una nueva cámara el material recubre enteramente a la cámara anterior.

Los foraminíferos planctónicos tienen paredes del tipo calcáreo-lamelar y la división en



Familias está en función de la textura de la pared:

-pared no espinosa: Fm. Globorotaliidae

-pared espinosa: Fm. Globigerinidae.

Pared calcárea tipo porcelanáceo: la superficie es mate, lechosa o porcelanacea, constituida por calcita criptocristalina, que con luz reflejada tiene color blanco y por transparencia amarillo. En general no es perforada, pero puede existir excepciones. Como ejemplo de este tipo de pared tenemos a la Fm. Miliolidae.

#### IV.1.5. Forma y tamaño del caparazón.

El tipo más simple y antiguo de concha es un saco oval, provisto de una abertura. El protoplasma segrega a su alrededor una sustancia pegajosa a la que se adhieren diferentes partículas, así se origina la pared protectora. El nuevo material adherido alrededor de la abertura va alargando paulatinamente la conchilla, pero no de una manera indefinida, ya que cabría la posibilidad de rotura. A fin de evitar esto, y para mantener al mismo tiempo un volumen similar, la mejor solución es hacer de este tubo una espiral, así se forman primero las conchillas espirales y luego las regulares.

La adaptación a las diferentes condiciones de vida, trajo como consecuencia, la enorme diversidad de formas.

En cuanto al tamaño, en ecología existe la llamada "Ley de Bergman", según la cual, "los ejemplares más grandes de invertebrados que poseen caparazón, (entre ellos se incluye a los foraminíferos), se encuentran en clima cálido y templado-cálido". Esta ley corresponde tanto a los foraminíferos planctónicos como a los bentónicos, ya que para ambos grupos, los ejemplares de mayor tamaño, se encuentran en aguas tropicales y subtropicales. No obstante, es de destacar, que el tamaño de los caparazones depende de las condiciones ecológicas.

#### IV.1.6. Forma y disposición de las cámaras.

La conchilla puede poseer diez o más cámaras. La cámara inicial es, frecuentemente, redonda u oval con una abertura, las demás cámaras pueden presentar numerosas formas, según podemos ver en los diferentes gráficos.

La disposición es el primer criterio para subdividir a los foraminíferos porcelanáceos en Géneros.

La adición de nuevas cámaras se realiza según distintos modelos, (ver Fig. 4.3 y 4.4), pueden presentarse:

- en una simple fila o disposición uniseriada

-en filas curvadas o arqueadas

-en series rectas y reciben el nombre de rectilíneas

-en espiral creciendo helicoidalmente, no en un plano y recibe el nombre de trocospiral

-trocospiral enrollada en numerosos planos, recibe el nombre de streptospiral

-cuando la serie de cámaras se dispone espiralmente o enrolladas alrededor de un eje y las espiras no son visibles, se dice que la especie presenta un enrollamiento involuto, si las espiras son visibles se utiliza el término evolutivo

-el lado del caparazón en el que se observa el grado de espiralamiento se denomina lado espiral, siendo el opuesto el lado umbilical.

-si las primeras cámaras se disponen en series, se utiliza el término biseriado, triseriado, etc., en función del número de cámaras de cada vuelta.

-la deformación de las cámaras es característica de ejemplares que viven en condiciones ecológicas adversas. Puede ocurrir que en condiciones normales, las irregularidades morfológicas afecten a la última cámara, la cual presenta paredes más finas de lo normal. Esto es indicativo de una deformación gerónica, ya que afecta a individuos maduros.

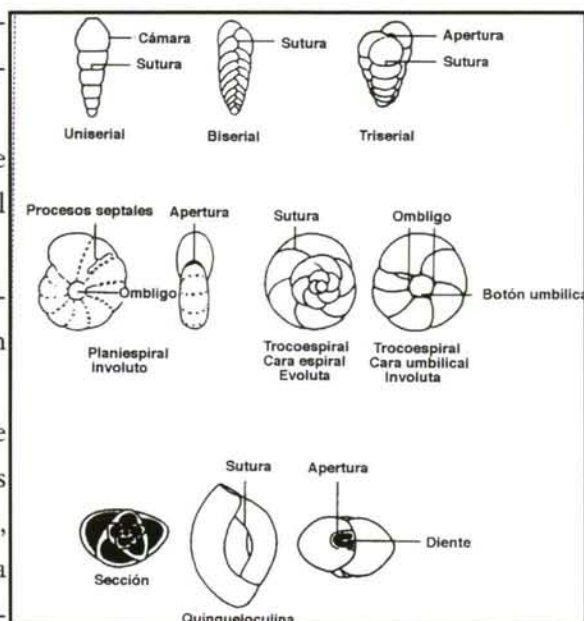


Fig. 4.3. Descripción de los caparazones de foraminíferos según CULVER 1993.

#### IV.1.7. Porosidad.

Los poros son perforaciones que presentan las conchas de los Foraminíferos tanto hialinos como aglutinados y se utiliza como criterio para diferenciar de los porcelanáceos.

Investigaciones recientes han demostrado que no llegan a las proximidades del protoplasma, por lo que éste no puede utilizar a los poros como mecanismo de salida al exterior. Cualquiera que sea su función, éstos varían su tamaño, forma y distribución sobre el caparazón de acuerdo con el medio y la altitud, por ello son utilizados como indicadores paleo-ambientales.

#### IV.1.8.Ornamentación.

Se entiende por ornamentación todas las formaciones esculturales que tienen los caparazones. Es propia de las conchillas calcáreas.

El papel de la ornamentación es diverso:

-Las agujas largas, que poseen varias especies planctónicas, les sirven para mantenerse flotando.

-Formaciones parecidas a púas y agujas en los foraminíferos bentónicos, les sirven de protección frente a sus enemigos.

-En varios casos, las ornamentaciones refuerzan el caparazón, por el contrario, en otros

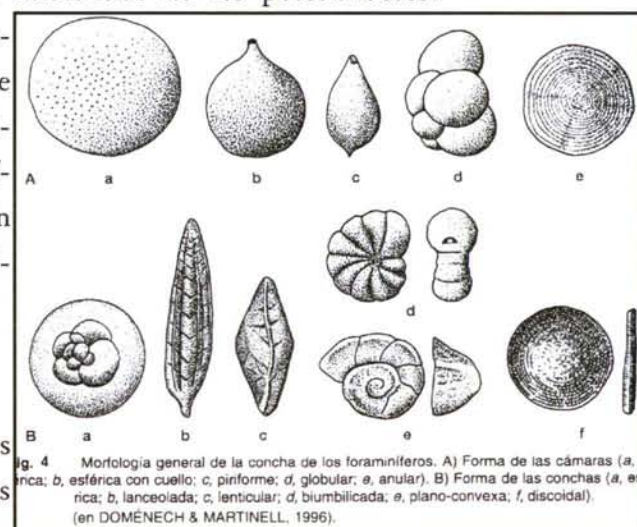


Fig. 4.4. Morfología general de la concha de los foraminíferos. (DOMENECH & MARTINELL, 1996)



casos, no refuerzan, sino que aumentan la fragilidad de la conchilla. Esto es indicativo de que el papel de la ornamentación es enigmático.

En varias especies la ornamentación empieza a aparecer cuando todo el caparazón está casi formado, lo que significa que en la aparición de la misma juegan un importante papel los pseudópodos.

La ornamentación puede variar muy considerablemente aún dentro de los límites de una subespecie, depende mucho del ambiente: la insuficiencia de calcio trae aparejado un desarrollo deficiente de la ornamentación. Una ornamentación poco desarrollada y hasta su pérdida total, puede deberse también a condiciones deficientes de alimentación, (BOLTOVSKOY, 1965), baja salinidad, (KURG, 1961 In BOLTOVSKOY, 1965), y a otras anomalías ambientales ocurridas durante su vida.

#### IV.1.9. Abertura.

La abertura es el orificio principal por el cual el protoplasma sale al exterior. Las aberturas difieren entre sí por su forma, posición y número, (ver figura.4.5). En aquellos casos en que el caparazón posee varias aberturas, comúnmente una de ellas es la principal y las restantes son las secundarias o suplementarias. Hay foraminíferos en los que todas las aberturas tienen igual significado, esto ocurre si los caparazones tienen abertura cribosa.

El papel fisiológico no está bien definido, es probable que sirvan para la mejor retención y sostén del protoplasma, también es muy verosímil que algunas tengan por objeto no permitir el ingreso de parásitos y enemigos al organismo. El estudio de la abertura es importante desde el punto de vista de la relaciones filogenéticas. Como ilustración sirve el *G. Pyrgo*, que pasa durante su ontogénesis por tres estados: *Quinqueloculina*, *Triloculina* y *Pyrgo*, y según éstos, varía su abertura. En el gráfico se pueden observar diferentes tipos de aberturas.

#### IV.1.10. Crecimiento.

Existen pocas observaciones directas al respecto. El crecimiento, en el caso de los foraminíferos uniloculares, es desconocido, aunque se supone, que o bien el organismo abandona el caparazón viejo y construye uno nuevo, o bien reconstruye las pequeñas porciones de sus paredes.

En el caso de los foraminíferos multiloculares calcáreos no cabe duda de que los pseudópodos juegan un importante papel. LE CALVEZ (1938 In BOLTOVSKOY 1965), deduce que el volumen de la nueva cámara es igual al volumen de protoplasma que estaba en las precedentes.

JEPPS (1956 In BOLTOVSKOY 1965), estudió el crecimiento de las cámaras en *Elphidium*, concluyendo que la formación de la cámara que sigue a la inicial o primordial ocurre varias horas después.

Las cámaras siguientes se agregan, primero, en número de dos cada 24 horas, para dismi-



nuir posteriormente. Su crecimiento guarda relación con la hora del día: comienza en las primeras o en las últimas horas de la tarde.

La velocidad de crecimiento de las cámaras es muy distinta, ya que cambia. Tanto entre la microfauna de foraminíferos fósiles como entre las actuales, podemos encontrar casos en los que los ejemplares hallados son de menor tamaño que los normales. Este fenómeno se denomina enanismo. Puede tener dos orígenes:

1-Ser consecuencia de las condiciones ecológicas que existieron durante la vida de la microfauna.

2-Ser consecuencia de la selección que tuvo lugar después de la muerte.

El primer caso resulta más interesante ya que además de su pequeño tamaño, éstos suelen tener otros rasgos complementarios, como un desarrollo insuficiente de ornamentación, asimetría de los caparazones y otras características de fauna oprimida y empobrecida.

Investigadores como MYERS, BOLTOVSKOY, LE CALVEZ, MYER y COLE dan como causa principal del enanismo las condiciones desfavorables de vida, y al enunciarlas las interpretan en forma diferente de acuerdo con las distintas regiones:

- 1- La disminución de tamaño puede ser motivada por una nutrición deficitaria.
- 2- Los caparazones son más grandes y con mayor número de cámaras en la zona sublitoral comparado con la zona litoral, dado que las condiciones de nutrición son mejores en la zona sublitoral.
- 3- La falta de oxígeno.
- 4- La baja salinidad.

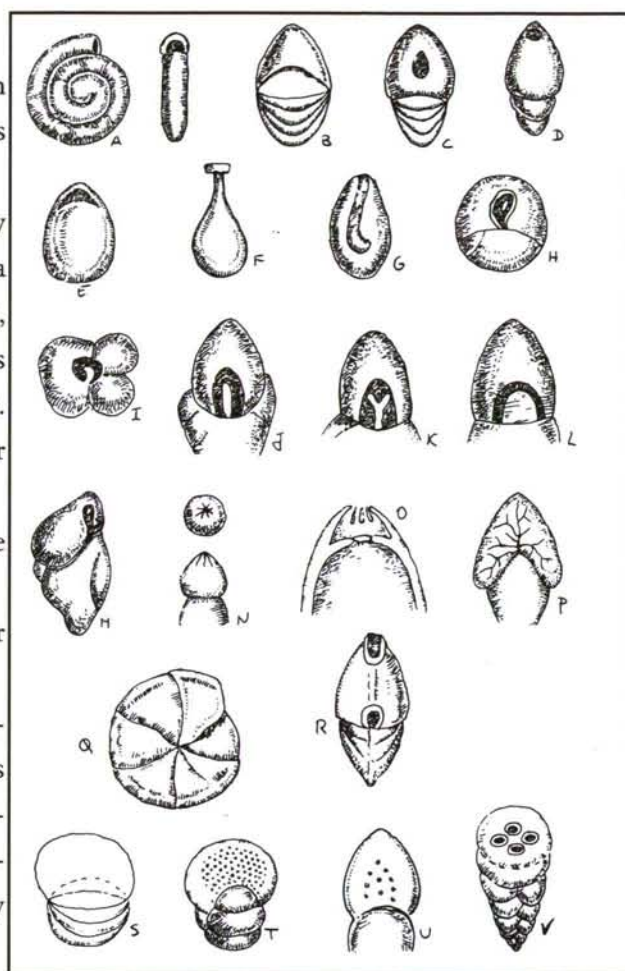


Fig.4.5. Tipos de aberturas: A-H aberturas simples; I-L, aberturas dentadas; M-R, aberturas complicadas; S-V, aberturas múltiples. (De Le Calvez, según CUSHMAN 1938 In BOLTOVSKOY 1965)

#### IV.2. GENERALIDADES SOBRE LA ECOLOGÍA DE LOS FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS

La ecología es la ciencia que estudia la influencia del ambiente sobre la actividad fisiológica de los organismos, y viceversa, de manera que cada especie trata, en cuanto sea posible, de expandirse, de ampliar su área. Se distinguen dos tipos de áreas para cada especie: una donde la especie puede vivir y otra donde puede vivir y multiplicarse, siendo más

amplia la primera.

Existe un gran número de factores ecológicos que influyen sobre la actividad vital de los organismos y que condicionan su distribución (BOLTOVSKOY 1965).

Estos factores son: temperatura, salinidad, profundidad (presión), carácter del sustrato, alimentación, luz, turbidez, pH, oxígeno, carbonato cálcico, corrientes y marejadas, factores biológicos, actividad humana, etc, (ver Tabla 4.1).

#### IV.2.1. Temperatura.

Desde el punto de vista ecológico, la temperatura desempeña un doble papel:

a)- Condiciona el carácter de la distribución de los foraminíferos. Dado que cada especie tiene sus propios límites térmicos, las faunas de lugares con diferentes condiciones de temperatura eran distintas. Esta distribución se puede separar en horizontal o geográfica y vertical o batimétrica.

b)- Tiene cierta influencia sobre la morfología del caparazón. En los trabajos de RHUMBLER, (1911 In BOLTOVSKY 1965), para una misma especie, los ejemplares provenientes de zonas frías tienen mayor tamaño de caparazón. Siempre excluyendo de esta regla las especies que necesiten para sus caparazones gran cantidad de calcio, ya que las aguas frías son pobres en este elemento.

Para determinar la temperatura existente en el pasado en los océanos se usa el método de isótopos de oxígeno,  $O^{16}$  y  $O^{18}$ , en los caparazones calcáreos de los foraminíferos.

#### IV.2.2. Salinidad.

¿Qué salinidad debe ser considerada como óptima y como límite para la vida normal de la fauna de los foraminíferos típicos marinos?. El papel de la salinidad como factor ecológico se resume con las siguientes afirmaciones:

1- La salinidad condiciona las actividades vitales de los foraminíferos. Cada especie tiene sus límites críticos así como sus salinidades óptimas.

2- La salinidad condiciona la distribución de los foraminíferos debido a la uniformidad de la salinidad en mar abierto, este fenómeno se observa bien en sentido horizontal, en lugares donde hay mezcla considerable con aguas dulces.

La salinidad puede ser responsable de las modificaciones morfológicas. También influye sobre el tamaño, aunque el carácter de esta influencia es todavía discutible.

Clasificación de las salinidades en aguas naturales:

Término	Salinidad
*Agua corriente	0-0.5 ‰
Salobre	0.5-30‰
Marina	30-40‰



Hiperhalina	40-80‰
Brine	> 80‰
*Dulce o lacustre	< 0.5‰
Hipohalina	0.5-32‰
Marinas normales	32-39‰
Hiperhalinas	> 40‰
*Agua dulce	0-2‰
Mesohalina	2-25‰
Polihalina	15-30‰
Costeras	> 30‰

Las observaciones de diferentes investigadores han permitido deducir, que los géneros que mejor soportan una baja salinidad son los aglutinados *Miliammina* y *Trochammina*, y de los calcáreos sobre todo *Ammonia*, *Elphidium*, *Nonion* y varios *Miliolidae*.

Según Myers, (in BOLTOVSKY 1965), *Elphidium crispum*, es más sensible a variaciones en la salinidad, aunque es bastante abundante a 19.5‰, resulta poco probable que pueda vivir a salinidades inferiores, ya que es completamente desconocido en estuarios, esto se explica por el hecho de que en esta agua no puede conseguir calcio necesario para el crecimiento de sus paredes.

Por un lado existen observaciones de que en las regiones con baja salinidad los ejemplares de foraminíferos se achican, pierden ornamentación y las paredes se hacen más delgadas, pero al mismo tiempo, otros investigadores, afirman que las condiciones negativas, en general, y la salinidad baja, en particular, llevan a un aumento de tamaño. BRADSHAW, (1961 in BOLTOVSKY 1965), realizó experiencias con *Ammonia beccarii tepida*, observando que los ejemplares más voluminoso se originan en salinidades bajas y los ejemplares pequeños corresponden al agua normal o casi normal. Esto demuestra que el problema de la relación entre la salinidad y el tamaño de los caparazones no está todavía resuelto.

#### IV.2.3. Profundidad.

La profundidad es un factor ecológico muy complejo para determinar, ya que a medida que ésta varía se modifican otros factores como la temperatura, luz, cantidad de oxígeno, etc, y en un ambiente natural es imposible separar la influencia en forma aislada de la profundidad.

La zonación vertical de los foraminíferos se explica en mayor grado por su influencia. Los foraminíferos aglutinados son, en general, menos sensibles que los calcáreos, de los cuales



los hialinos son los más sensibles. Así el *G. Miliolina*, en grandes profundidades se hace silíceo, el *G. Elphidium* vive en la zona de costa aunque varíe la temperatura y el *G. Bolivina* es propio de aguas algo más profundas. Por otro lado, los *G. Bulimina*, *G. Bolivina* y *G. Uvigerina*, al aumentar la profundidad aumenta su tamaño y ornamentación, *G. Cibicides* se hace más achatado y con suturas más prominentes (*C. pseudoungerianus* de la plataforma) y en la Fm. Rotaliidae estos cambios consisten en la adquisición de un margen periférico más romo.

NEUMANN (1967 in BOLTOVSKY 1965), establece la siguiente división en cuanto a la repartición batimétrica de los foraminíferos:

- zona litoral: con microfauna casi exclusivamente bentónica y de dominio calcáreo.
- Zona nerítica: coexisten la microfauna planctónica y bentónica.
- Zona batial: dominio de formas planctónicas aunque ciertos fenómenos de desplazamiento gravitacionales de sedimento, pueden acumular determinadas formas bentónicas asociadas a otras producidas *in situ*, (MATEU et alii, 1986).
- Zona abisal: se pueden encontrar algunas formas aglutinadas que persisten donde el carbonato cálcico no puede precipitar, lo que impide el desarrollo de formas calcáreas.

#### IV.2.4. Nutrición.

Podemos afirmar que el papel ecológico de la alimentación es de suma importancia porque:

- 1- Condiciona la distribución cuantitativa de los foraminíferos.
- 2- Puede influir sobre el tamaño y la morfología de los caparazones: así en latitudes altas y medianas, (MYERS, 1943), en invierno, los foraminíferos obtienen poco alimento. Además en la zona litoral donde las condiciones de alimentación son menos adecuadas, el número de cámaras (40%) es menor que en la zona sublitoral (60%).

#### IV.2.5.Substrato.

Existe cierta relación entre la fauna de los foraminíferos bentónicos y el substrato, por supuesto, esta relación es mayor en el grupo de especies aglutinadas, ya que éstas obtienen su material de construcción del fondo, mientras que las calcáreas lo extraen del agua.

##### IV.2.5.a-Influencia del substrato sobre el contenido específico.

- Sobre fondos fangosos algunas especies desarrollan espinas para prevenir la inmersión.
- Discorbis* y *Cibicides* prefieren vivir sobre algas.
- Los *Miliolidos* se encuentran habitualmente en fondos arenosos.
- Bulimina* y *Lagena* en fondos arcillosos-limosos.
- Cassidulina* en fondos de rocas, gravas y arenas.
- Las especies de pequeño tamaño se encuentran en arena fina, mientras que las especies grandes y robustas prefieren la arena gruesa.

#### IV.2.5.b-Influencia del substrato sobre la característica cuantitativa.

-Los fondos arenosos son más favorables para los foraminíferos que los arcillosos, por ello el número de ejemplares es siempre mayor en los primeros.

-Otros investigadores observan que las poblaciones son más ricas en fondos fangoso y arcillosos.

En ningún caso se indica el contenido en especies, por esto podemos concluir que no está clara la relación entre la riqueza cuantitativa de foraminíferos bentónicos y el carácter de los sedimentos.

#### IV.2.5.c-Influencia del substrato sobre la morfología de la concha.

La apariencia de las conchillas varía según el carácter de los sedimentos (HENDRIX, 1958 in BOLTOVSKY 1965): en los sedimentos de grano grueso son propios los caparazones de paredes gruesas, y a medida que disminuye el tamaño de los granos el espesor de las paredes también disminuye.

El substrato más favorable es probablemente desde el punto de vista de distribución cuantitativa, un sedimento heterogéneo, arena fina mezclada con arena de conchillas y arcilla.

#### IV.2.6. pH :

El pH tiene importancia como factor ecológico en la vida de los foraminíferos, pero considerándolo a nivel local, ya que en pocos lugares alcanza un valor fuera de lo normal. Probablemente sea más responsable de los casos de disolución de los caparazones de ejemplares muertos que de la influencia nociva sobre los foraminíferos.

El agua de mar normal tiene un pH de 8.1, las oscilaciones comunes van desde 7.8 a 8.3, sin embargo, en condiciones especiales, el pH puede aumentar hasta 9.5 (estanques de marea), en los estuarios la cantidad de CO que se origina debido a la descomposición de materias orgánicas puede provocar un aumento de acidez hasta 6 ó más.

El papel del pH es diferente según la parte del organismo sobre la que influye, ya sea sobre el organismo blando o sobre el caparazón. En lo que se refiere a organismos vivos:

- pH bajo detiene el crecimiento de los foraminíferos.
- pH= 6, no se encuentran foraminíferos.
- pH entre 4 y 6 cesa el crecimiento de algunos protozoos.
- Las algas planctónicas aumentan su reproducción en un medio ácido o alcalino, según la especie.

En lo que se refiere a caparazones vacíos, podemos generalizar diciendo que un pH inferior a 7.8, ataca y disuelve los foraminíferos calcáreos, ( bahías, ciénagas y lugares donde existen sustancias orgánicas en descomposición).

El pH es importante en la medida donde se hace o no posible la elaboración de un caparazón calcáreo o silíceo. En aguas estancadas y ácidas, las formas calcáreas no pueden vivir y sólo las formas aglutinadas llegan a subsistir, (NEUMANN 1967 in BOLTOVSKY



1965).

#### IV.2.7. Turbidez.

En especies bentónicas, varios autores consideran que la sedimentación intensa, acompañada por una mezcla del agua y turbidez, influye desfavorablemente sobre éstas y provoca su disminución, aunque en menor cuantía para los foraminíferos aglutinados, que no son tan sensibles a la pureza del agua.

#### IV.2.8. Iluminación.

¿Qué importancia tiene la luz en la distribución vertical de los foraminíferos?. El papel indirecto es bastante grande, ya que de la iluminación depende el desarrollo del fitoplancton, que es el principal alimento de los foraminíferos, además de la actividad fotosintética de las algas simbióticas (BOLTOVSKOY, 1965).

En lo que se refiere a influencia directa de la luz sobre los foraminíferos, se tienen pocos datos.

#### IV.2.9. Oxígeno.

El agua marina alcanza su máximo contenido de oxígeno en primavera y a principios de verano, (asimilación fotosintética más intensa).

Entre la temperatura del agua y la cantidad de oxígeno que aquella posee disuelto existe una relación inversa, es decir, el aumento de la temperatura disminuye la capacidad del agua de disolver el oxígeno. Pero la cantidad de oxígeno no sólo depende de la temperatura, sino también de la cantidad de organismos vegetales y animales que aportan y consumen.

Los foraminíferos necesitan, al igual que otras especies, oxígeno; su insuficiencia no sólo conlleva una disminución cuantitativa, sino que puede también provocar el fenómeno del enanismo.

Investigadores japoneses opinan que si la capa de agua, que está situada directamente sobre el fondo, hay poco oxígeno, los foraminíferos desaparecen de él prácticamente por completo.

La concentración de oxígeno en el agua superficial, a menudo está próxima a la saturación, 4-6.5 ml/l, (SAIDOVA, 1961 in BOLTOVSKY 1965) describe sus observaciones, según las cuales si la cantidad de oxígeno disuelto es menor de 10.2 ml/l, los foraminíferos bentónicos se hallan en poca cantidad, (50 ejemplares en 50 grs. de sedimento). No obstante, existen especies, como *Bolivina plicata* y *Bolivina costata* que soportan 0.13 ml/l, aunque los caparazones son estrechos y carecen de ornamentación.

En resumen, podemos afirmar que el oxígeno tiene valor ecológico en dos sentidos:

1-La cantidad de ejemplares.

2-La morfología de los caparazones.



#### IV.2.10. Carbonato cálcico.

El papel del carbonato cálcico en la vida de los foraminíferos es bastante claro: los foraminíferos calcáreos lo concentran del agua para construir sus caparazones, mientras los foraminíferos aglutinados, a menudo, lo utilizan para su cemento.

El contenido de carbonato cálcico depende de:

- la temperatura del agua: a medida que ésta aumenta, se incrementa la capacidad del agua para contener una mayor cantidad de carbonato cálcico disuelto ( bicarbonato).

- la profundidad: a medida que aumenta la profundidad disminuye el calcio disuelto y de ahí que especies que viven a profundidades pequeñas tienen sus conchillas gruesas y con paredes fuertes ( *Quinqueloculina vulgaris*), mientras que las especies que viven a profundidades mayores son más pequeñas y con paredes más delgadas.

SAIDOVA (1961 in BOLTOVSKY 1965), según sus estudios realizados en el N.E. Pacífico, en profundidades de hasta 3.000 m., predominan aguas cálidas saturadas de carbonato cálcico, el cual es asimilado fácilmente por los foraminíferos calcáreos. Por debajo de los 3.000 m las aguas están frías, tienen un bajo contenido en carbonato cálcico y están sometidas a gran presión, así los foraminíferos no pueden extraer de ellas el carbonato cálcico, razón por la que a más de 3.000 m no existen especies calcáreas. Sin embargo, esto no excluye la posibilidad de que entre los foraminíferos de aguas frías se encuentren ejemplares grandes y macizos. Son bien conocidos hallazgos de éstos provenientes de varias partes de los mares polares, aunque la mayoría de los foraminíferos de estos ambientes son aglutinados, siendo suficiente el calcio que existe en dichos mares para la cantidad tan pequeña de ejemplares macizos que hay.

#### IV.2.11. Corrientes y marejadas.

El papel de las corrientes es doble. Por una parte, favorecen la distribución geográfica de los foraminíferos. Por otra, tienen influencia indirecta en la morfología de los caparazones. El período del ciclo evolutivo de los foraminíferos bentónicos, durante el cual éstos flotan, es corto, y en numerosas especies ni existe. Pero es justamente en este período cuando tiene lugar su expansión principal, bien sea por sus propios movimientos, o por diferentes objetos flotantes, como las algas, las que a su vez son transportadas por las corrientes. En los sedimentos originados en un ambiente tranquilo, predominan los foraminíferos de paredes gruesas, perfil angosto, aquillados y con esculturas prominentes.

En los sedimentos formados en un ambiente de fuertes corrientes de fondo, las conchillas carecen de ornamentación bien desarrollada y predominan las de configuración redondeada y sin quilla.

Las marejadas y las agitaciones del agua también influyen en cierto grado sobre la fauna de los foraminíferos. Estas influencias se pueden dividir en favorables y desfavorables.

- Favorables son el mayor aporte de alimento y la mayor oxigenación por agitación de las

aguas.

-Desfavorables: la marejada dificulta la penetración de la luz y puede mover, romper y enterrar caparazones en los sedimentos, ( responsable de la pérdida en masa de foraminíferos que viven en el fondo).

Respecto a los cambios morfológicos, comúnmente se evidencian en que los foraminíferos tratan de reforzar su caparazón. Así la Fm. Miliolidae, que vive en aguas turbulentas, engrosa sus paredes, forma suturas de carácter fimbriado y desarrolla el reborde peristomal.

#### IV.2.12. Otros factores ecológicos.

A- La velocidad de sedimentación.

B- Varios factores biológicos: competencia con otros organismos.

C- Presencia en los sedimentos de algunas sustancias químicas especiales.

D- Enfermedades.

E- Actividad humana.

### IV.3. OBSERVACIONES BIOGEOGRÁFICAS Y ECOLÓGICAS DE LAS DISTINTAS ESPECIES (MURRAY 1991 a y b). (ver Tabla 4.1).

Para caracterizar un medio utilizamos en este estudio los siguientes parámetros:

a) microfauna indicadora: consiste en el estudio cualitativo de las diferentes poblaciones, basado en la presencia o ausencia de ciertas especies o géneros, así como el estudio cuantitativo, basado en el número de individuos de cada una de ellas.

b) Proporción de los diferentes tipos de concha: observamos en cada nivel la distribución de la abundancia de los tres tipos de foraminíferos bentónicos, aglutinados, porcelanáceos e hialinos, cuya distribución está relacionada con el ambiente, ( CEARRETA 1988).

c) Relación entre los foraminíferos planctónicos y bentónicos: pobremente representada en todos los niveles, probablemente debido a la influencia continental, (LEVY et alii 1993, 1995).

d) Índice de diversidad: utilizamos a lo largo de los diferentes sondeos el índice de diversidad de Fischer, indicativo de la riqueza específica, ( Tabla 4.2), en el cual se indica la relación entre el número de individuos y el número de especies en una muestra, entre las que existe una relación logarítmica (ALVE & NAGY 1990), permitiendo trabajar con muestras de distinto tamaño.

Existe una clara relación entre la diversidad de las asociaciones de foraminíferos y la naturaleza de su ambiente (CEARRETA 1989). En general la diversidad específica incrementa desde la costa hasta la plataforma continental, en donde puede permanecer constante o disminuir. El valor que se considera límite es, en general, el de 5, por separar niveles marinos normales, estables y poco variables, representados por valores superiores a éste, de bio-



DATOS ECOLOGICOS PARA CADA GÉNERO						
GENERO	MODO DE VIDA	SUBSTRATO	ALIMENTO	SALINIDAD	TEMPERATURA	PROFUNDIDAD
Acervulina	epifauna, fijo	?	brizos, conchas suspension herbívoro, ?	marino	cálido-templado	0-60 m.
Ammonia	infauna, libre	arena fangosa		salobre, marino, hiperhalino	0-30... templado	0-50 m.
Asterigerinata	epifauna, libre	sedimentos	herbívoro, ?	marino	templado	0-100 m.
Bolivina	infauna-epifauna, libre	fangos	detritívoro, ?	marino	frío-cálido	
Brizalina	infauna, libre	fangos	detritívoro	marino	templado-frío	
Bulimina	infauna, libre	fango-arena fina	detritívoro, ?	marino	frío-templado	
Cassidulina	infauna, libre	fango, arena	detritívoro	marino	frío-templado	
Cibicides	epifauna, fijo	sustratos duros	suspensívoro	marino	frío-cálido	0-2.000 m.
Discorbis	epifauna, sujeto	arena gruesa sustratos firmes	herbívoro	marino	templado-cálido	0-50 m.
Elphidium						
E. aquilado	epifauna, libre	arena, vegetación	herbívoro	marino	templado-cálido	0-50 m.
E. no aquilado	infauna, libre			0-70‰		
Eponides	epifauna, libre-pegado	sedimento, sustrato duro	detritívoro	marino	frío-templado	
Gavelinopsis	epifauna, adherido	sustrato duro	suspensívoro	marino	frío-templado	
Glabratella	epifauna, fijo-adherido	sustrato duro	herbívoro	hiperhalino-marino	templado-cálido	0-50 m.
Globocassidulina	infauna, libre	fango	detritívoro, ?	marino	templado-frío	
Haynesina	infauna, libre	fango, aluviones	herbívoro, ?	marino	templado-frío	
Hyalinea	epifauna, libre	fango, aluviones	detritívoro, ?	marino	templado-frío	10-1.000m.
Massilina	epifítica, adherido	plantas	herbívoro	marino	templado-cálido	
Melonis	infauna, libre	fango, aluviones	detritívoro, ?	marino	<10...C	
Miliammina	infauna, libre	fango, aluviones	detritívoro	0-50‰	0-30...C	
Miliolinella	epifauna, adherido	plantas y sustratos duros	herbívoro	32-50‰	10-30...C	1-100 m.
Nonion	infauna, libre	fango, aluviones	herbívoro	30-35‰	frío-templado	0-180 m.
Nonionella	infauna, libre	fango	detritívoro, ?	marino	templado-cálido	10-1.000m.
Patellina	epifauna, adherido	sustratos duros	herbívoro, ?	marino	templado-cálido	0-100 m.
Planorbulina	epifauna, adherido	sustratos duros	suspensívoro, ?	marino	templado-cálido	0-50 m.
Planulina	epifauna, adherido	sustratos duros	suspensívoro	marino	templado-cálido	
Quinqueloculina	epifauna, libre-adherido	plantas, sedimentos	herbívoro	marino, hiperhalino	frío-cálido	
Rosalina	epifauna, adherido-fijo	sustratos duros	herbívoro, omnívoro	marino	templado-cálido	0-100 m.
Spirillina	epifauna, adherido	sustratos duros	herbívoro	marino	templado-cálido	0-100 m.
Spiroloculina	epifauna, adherido	sedimento, plantas	herbívoro	marino-hiperhalino	templado-cálido	0-40 m.
Trifarina	infauna, libre	fango, arena	detritívoro, ?	marino	templado-frío	0-400 m.
Triloculina	epifauna, libre-adherido	fango, arena, plantas	detritívoro	marino-hiperhalino	templado-cálido	
Uvigerina	infauna*-epifauna, libre	fangos	detritívoro, ?	marino	frío	100-4.500 m.

Tabla 4.1. Datos ecológicos para foraminíferos especificados por géneros. (tomado de MURRAY 1979)



topos marinos marginales, inestables y variables, (MURRAY, 1991 a y b). A pesar de esto, también pueden existir ambientes de plataforma marinos con índices de diversidad bajos, debido a la elevada predominancia de una especie, (MURRAY a y b 1991).

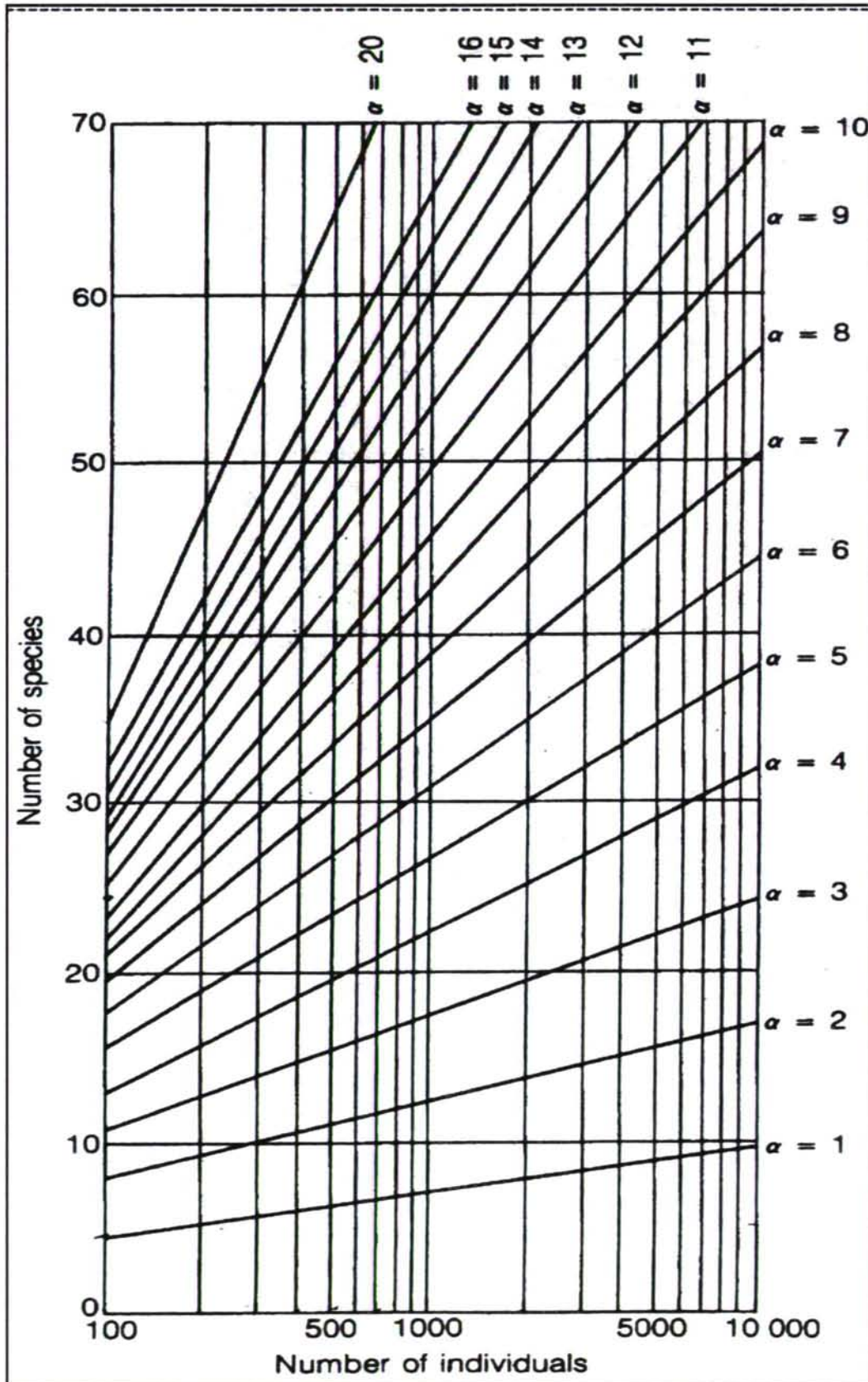


Tabla. 4.2  
Índice de  
riqueza  
específica  
donde se  
indica la rela-  
ción entre  
número de  
individuos y  
número de  
especies en  
una muestra.  
(Tomado de  
MURRAY  
1991 a y b)

## IV. 4. POSICIÓN SISTEMÁTICA.

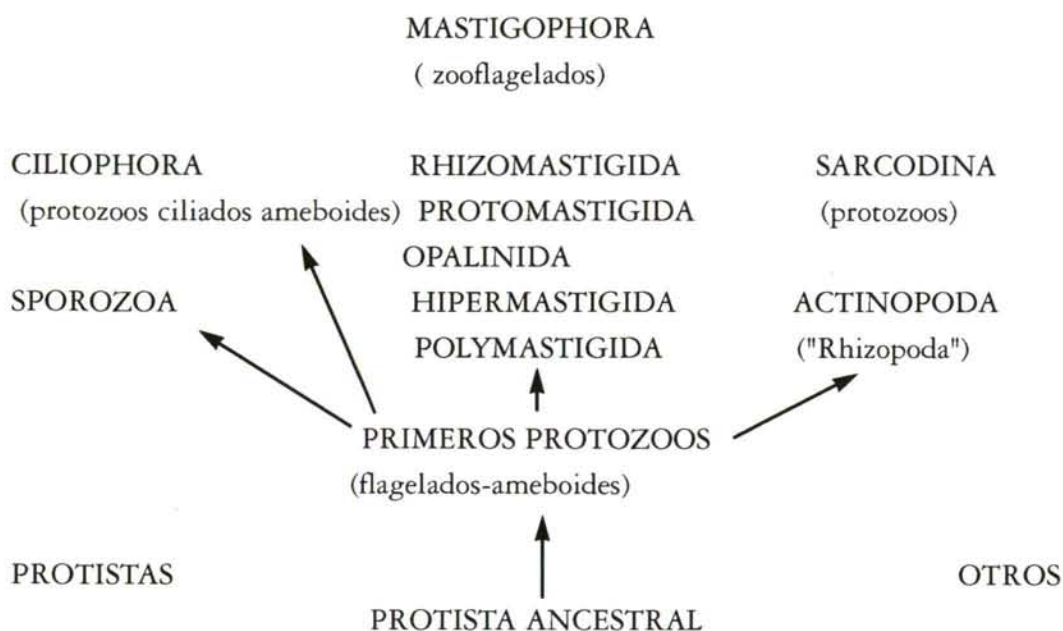


Fig. 4.3.- Posible interrelación entre grupos de protozoos, véase la posición sistemática de los rizópodos que incluyen los foraminíferos. (BOERSMA & HAQ 1978)

La clasificación de los foraminíferos es complicada y está enteramente basada en las características externas del caparazón o en su estructura interna, mediante secciones en lámina delgada.

Es común entre los micropaleontólogos la aplicación taxonómica de los siguientes caracteres morfológicos: la composición mineralógica y la distribución general de las cámaras, que es un rasgo taxonómico de las familias, (JONES 1994; LOEBLICH & TAPPMAN 1988).

La abertura, orificio principal por el cual sale al exterior el protoplasma, que puede tener diferente forma, situación, e incluso haber varias, es interpretada como un rasgo morfológico de gran estabilidad y de gran importancia taxonómica, (BOLTOVSKOY 1965).

La morfología del caparazón, forma y situación del ósculo, distribución general de las cámaras, y la forma y posición de los elementos osculares, sirven para determinar el género.

Los foraminíferos pueden presentar formaciones esculturales, (ornamentación), cuyo fin es la defensa y protección. Su desarrollo es influido por las condiciones ambientales.

El número de cámaras y ornamentación suplementaria periférica nos sirve para determi-

nar la especie.

Todos estos rasgos morfológicos y estructurales no pueden cuantificarse al margen de la ontogénesis del individuo dentro de una población sujeta a una adaptación selectiva, (MATEU 1987 ).





# **Interpretación micropaleontológica de los sondeos**

---

CAPITULO

**V**

INTERPRETACIÓN MICROPALÉONTOLÓGICA DE LOS SONDEOS



## V INTERPRETACIÓN MICROPALAEONTOLÓGICA DE LOS SONDEOS

### V.1 INTRODUCCIÓN.

Los sondeos estudiados en esta tesis doctoral se agrupan en el Golfo Ártabro, (Ver Anexos 2 y 3), en los dominios siguientes: Doniños, Ferrol, Ares, Coruña, Orzán y Sabón-Punta Langosteira. Su situación permite deducir, con una gran fiabilidad, a partir del estudio micropaleontológico de los sedimentos, el comportamiento del nivel del mar durante el Holoceno en el tramo de costa comprendido entre las Islas Sisargas y el Cabo Prior (regionalmente conocido como el Golfo Ártabro). En la campaña previa de sísmica de refracción realizada por el MOPU, (1990), se pudo detectar que, en zonas determinadas del área de trabajo, espesores anómalos en las isopacas, (caso de Doniños o la parte externa de la Ría de Ferrol) en donde se han determinado varias áreas con más de 40 metros de sedimentos. Sin embargo, aun siendo nuestro objetivo el estudiar las secuencias lo más largas posibles las dificultades presupuestarias e instrumentales sólo nos han permitido acceder a los 5 m finales de estas, en principio, secuencias más espesas. De entre todos los sondeos de esta Tesis Doctoral tan sólo en Doniños, se pudo realizar, por sondeos a rotación un muestreo completo, hasta alcanzar el sustrato rocoso, de la serie conocida por los datos geofísicos y eléctricos, (VIDAL ROMANÍ et alii 2000), que alcanzó en este caso unos 20 metros de espesor. En Doniños se realizaron 3 sondeos en la zona emergida y 5 sondeos en la zona sumergida.

Las otras 5 zonas seleccionadas también fueron sondeadas distribuyéndose los sondeos realizados del siguiente modo: 1 sondeo en Ferrol, 1 sondeo en Ares, 3 sondeos en Coruña, 1 sondeo en la Ensenada del Orzán y por último, 1 sondeo en el tramo Sabón-Punta Langosteira. Todos ellos son sondeos submarinos no superándose nunca, como antes se aclaró, los 5 m de espesor, (ver Fig. V.1). Las profundidades a las que se sitúan los techos de los sondeos submarinos varían entre -30m y 0 m, lo que indica que se corresponden con diferentes partes de la secuencia holocena en la zona, (como lo prueban adicionalmente las dataciones realizadas). (Ver apartado VI.1. Datación de las series estudiadas, Cap. VI). Las dataciones se indican para cada sondeo y para cada tramo. Para la elección de los niveles a datar se utilizaron criterios de (1) abundancia de test de la misma especie de foraminíferos (en nuestro caso *Cibicides lobatulus*) y (2), coincidir el nivel seleccionado con un cambio acusado en las asociaciones de foraminíferos encontrados o en la sedimentación. En algún caso, sin embargo, el criterio utilizado para la elección de los niveles a datar ha sido con el único objetivo de contrastar los datos de edad obtenidos y no basar la cronología de un sondeo en un único dato, sino en dos o más con el fin de evitar errores (inver-

siones en la edad de la secuencia) algo presente en nuestro trabajo.

## V.2. - ZONA DE DONIÑOS, (A1), (VER ANEXOS 2 Y 3).

### V.2.1. Sondeo C-22, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro

Se trata de un sondeo de 3,35 m. de longitud, situado a una profundidad de 16 m muy próximo a la línea de costa actual.

En la fracción mineral se han identificado en mayor abundancia granos de cuarzo blanco, opaco y transparente brillante además de granos de feldespato. También se encuentra mica, (biotita y moscovita), así como bioclastos de, foraminíferos, gasterópodos, bivalvos principalmente así como corales, en menor medida.

Se han estudiado 10 niveles de este sondeo, a intervalos definidos utilizando el criterio del grado de homogeneidad del sedimento a partir del examen de visu. Corresponden a las siguientes profundidades tomándose como referencia su situación dentro del sondeo: 335, 310, 280, 260, 235, 210, 180, 160, 135 y 110 cm.

Es común en todos los niveles estudiados el tratarse de arenas con tamaño de grano de fino a grueso, a veces teñida de amarillo, debido tal vez a tinción por óxidos de hierro. En cuanto al análisis microfaunístico, también es común en todo el sondeo, la presencia de foraminíferos en todos los niveles, ocasionalmente acompañados de protoconchas, y púas de erizos y espículas de esponjas de manera constante.

### V.2.2. Sondeo C-25, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro

Se trata de un sondeo de 2,35 m de longitud, situado a una profundidad de 18,50 m y en las proximidades de la línea de costa actual.

En la fracción mineral se han identificado en mayor abundancia granos de cuarzo blanco, opaco y transparente brillante además de granos de feldespato. También se encuentra mica biotita y moscovita, así como bioclastos de foraminíferos, gasterópodos y bivalvos principalmente.

Se han estudiado 8 niveles de este sondeo, a intervalos definidos por el criterio del grado de homogeneidad del sedimento a partir del examen *de visu*. Corresponden a las siguientes profundidades tomándose como referencia su situación dentro del sondeo: 235, 210, 180, 160, 135, 110, 80 y 60 cm.

Es común en todos los niveles estudiados el tratarse de arenas con tamaño de grano de fino a grueso, a veces teñida de amarillo, debido tal vez a tinción por óxidos de hierro.

Los foraminíferos, aunque presentes, son escasísimos, contabilizándose sólo de manera ocasional, tres o cuatro ejemplares de *Cibicides lobatulus* o de *Elphidium crispum*, con restos de conchas, púas de erizos, espículas de esponjas, en todos los niveles, con excepción del nivel inferior, 235 cm, en el que no se encuentra ningún resto biogénico.

### V.2.3. Sondeo C-28, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro



El sondeo tiene 3.60 m. de longitud, y se sitúa a una profundidad de 30 m. algo apartado de la línea de costa actual.

En la fracción mineral se han identificado en mayor abundancia granos de cuarzo blanco, opaco y transparente brillante además de granos de feldespato. También se encuentra mica biotita y moscovita, así como bioclastos de Foraminíferos, Gasterópodos, Bivalvos principalmente.

Se han estudiado 12 niveles de este sondeo, a intervalos definidos por el criterio del grado de homogeneidad del sedimento a partir del examen de visu. Corresponden a las siguientes profundidades tomándose como referencia su situación dentro del sondeo: 360, 335, 310, 280, 260, 235, 210, 180, 160, 135, 110 y 60 cm.

El sedimento continúa siendo arenoso cuarzoso, con todos los tamaños de grano, y en algunas ocasiones, coloreados de amarillo posiblemente por óxidos de hierro.

En el análisis microfaunístico, se observan pocos foraminíferos, representados por *Cibicides lobatulus* y *Elphidium crispum*, entre los que se hallan restos de conchas, púas de erizos y espículas de esponjas, que a medida que profundizamos en el sondeo se hace muy difícil encontrar.

#### V.2.4. Sondeo C-29, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro

Se trata de un sondeo de 4.40 m de longitud, situado a 30 m de profundidad.

En la fracción mineral se han identificado en mayor abundancia granos de cuarzo blanco, opaco y transparente brillante además de granos de feldespato. También se encuentra mica biotita y moscovita, así como bioclastos de foraminíferos, y bivalvos principalmente.

Se analizaron 23 muestras en este sondeo, tomadas a intervalos de 10, 15, 20, 30, y 35 cm respectivamente. Los datos nos revelan la existencia de cuatro zonas, que se distribuyen de la siguiente manera:

##### V.2.4.a Niveles 440 cm a 410 cm:

Caracterizado por la presencia esporádica de caparazones de foraminíferos y otros restos de organismos marinos, (fragmentos de gasterópodos, bivalvos, etc.) aunque nunca suficientes como para definir apenas más que se trata de un sedimento marino.

##### V.2.4.b Niveles 390 cm a 375 cm:

Se presentan los datos de los dos niveles en donde se han encontrado cantidades significativas de foraminíferos.

nivel 390 cm:

Debido a la abundancia de foraminíferos se hizo de un estudio muy detallado. Se contabilizaron 254 individuos, pertenecientes a 8 especies, de las que destacamos por su abundancia: *Cibicides lobatulus* (223), *Elphidium crispum* (14) y *Quinqueloculina seminula* (79).

El índice de diversidad, muy bajo ( $a=2$ ), indica que este nivel corresponde a un medio



con un importante grado de stress, con probabilidad referido a mezclas de aguas dulces y saladas, con dominio de poblaciones oligoespecíficas, como en el presente caso *Cibicides lobatulus*, y abundancia de eurihalinos típicos, y buenos representantes de aguas superficiales como *Elphidium crispum* y *Quinqueloculina seminula*. Cabe destacar una forma y ornamentación de las especies, más acentuada en el caso de *Cibicides lobatulus*, rara: con numerosos poros en el caparazón, que podrían explicarse si el medio tuviese bajos niveles de oxígeno o la temperatura del agua fuese cálida, así como crecimiento anómalo, ya que encontramos numerosas formas gerónicas.

La litología es, aproximadamente el 90%, arenosa. La edad obtenida en el nivel 390 cm por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de 13.645 +/-160 años B.P.

#### V.2.4. c. Niveles 375 cm a 155 cm:

Comprende los niveles 375, 360, 345, 325, 310, 285, 270, 255, 240, 225, 210, 175, 165 y 155 cm, en los que los foraminíferos están siempre presentes pero en número muy reducido.

##### nivel 155 cm:

Se contabilizaron 153 individuos, de los que 127 pertenecen a la especie *Cibicides lobatulus* y 18 son de *Elphidium crispum*.

##### nivel 140 cm:

Se contabilizaron 252 individuos de los que destacamos *Cibicides lobatulus* (192), *Elphidium crispum* (47) y *Rosalina globularis* (3).

##### nivel 125 cm:

Se contabilizaron 262 individuos, pertenecientes a 8 especies, de las que destacamos: *Cibicides lobatulus* (220), *Elphidium crispum* (25) y *Rosalina globularis* (8).

##### nivel 110 cm:

Se contabilizaron 247 especímenes pertenecientes a 9 especies, de las que por abundancia destacamos: *Cibicides lobatulus* (193), *Elphidium crispum* (39), *Rosalina globularis* (7) y *Planorbulina mediterraneensis* (4).

El índice de diversidad se mantiene al igual que las características ya señaladas anteriormente. La edad obtenida en este nivel por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de 2590 +/-55 años B.P.

##### nivel 80 cm:

Se contabilizaron 258 individuos, pertenecientes a 9 especies de las que destacamos:

*Cibicides lobatulus* (193), *Elphidium crispum* (48), *Planorbulina mediterraneensis* (8) y *Rosalina globularis* (5). El índice de diversidad se mantiene, al igual que el carácter arenoso del sedimento.

nivel 65 cm:

Se contabilizaron 278 individuos, repartidos en 12 especies, entre las que destacamos: *Cibicides lobatulus* (208) y *Elphidium crispum* (52).

El índice de diversidad sube ligeramente, pero se mantiene en los valores de ambientes marino litorales, con dominio de una especie ( $a=3$ ).

#### V.2.5. Sondeo C-31, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro

Se trata de un sondeo de 2.80 m. de longitud, situado a una profundidad de 25 m. En la fracción mineral se han identificado en mayor abundancia granos de cuarzo blanco, opaco y transparente brillante además de granos de feldespato. También se encuentra mica biotita y moscovita.

Para su estudio, se dividió el sondeo en 10 intervalos: nivel 280, 260, 235, 210, 180, 160, 135, 110, 80 y 60 cm. El sedimento en todo el sondeo, son arenas finas micáceas de colores grisáceo, que se hacen en los dos últimos niveles, más cuarzosas. Sólo dos de los intervalos, que se corresponden con los niveles 110 y 80 cm, contienen el número de individuos suficiente para emitir un resultado. En los restantes niveles, se contabilizaron siempre algunos ejemplares de las especies *Cibicides lobatulus* y *Rosalina globularis*, lo que permite pensar en un medio marino. En todo el sondeo, encontramos microfauna acompañante: púas de erizos, restos de conchas de moluscos y espículas de esponjas.

nivel 110 cm:

Se contabilizaron 228 caparazones de 6 especies, de entre los que destacamos, por su abundancia: *Cibicides lobatulus* (192), *Elphidium crispum* (17), *Rosalina globularis* (9) y *Planorbulina mediterraneensis* (8). El índice de diversidad es muy bajo.

nivel 80 cm:

Se contabilizaron 243 individuos, repartidos en 7 especies: *Cibicides lobatulus* (198) y *Elphidium crispum* (33), son los más abundantes. El índice de diversidad es muy bajo.

### V.3.- ZONA DE FERROL (A2), (VER ANEXOS 2 Y 3).

#### V.3.1. Sondeo C -52, Ría de Ferrol, Golfo Ártabro

Este sondeo tiene una longitud de 5,8 m, y se sitúa a una profundidad de 18,90 m. El análisis mineralógico, llevado a cabo bajo la lupa binocular, previo al análisis de la microfauna, revela una composición de arenas cuarzosas de tonalidades lechosas a incoloras, brillantes o mate, con formas de subangulosas a redondeadas. Asimismo encontramos micas (biotita y moscovita), y feldespatos. Entre los bioclastos destacan por su abundancia: fora-

miníferos, bivalvos, gasterópodos así como es patente la presencia de corales.

Se dividió el sondeo en 34 muestras tomadas a distancias de 5, 10, 15, 20 y 25 cm, entre ellas respectivamente. Iniciamos su análisis en el nivel inferior marcado a 585 cm hasta un nivel superior de 20 cm.

Se pueden diferenciar a partir de los datos microfaunísticos claramente tres zonas:

#### V.3.1.a. Niveles 585 cm a 535 cm:

Comprende el nivel 585 cm carece de individuos suficientes, seguido de los niveles 580, 560 y 535 cm respectivamente, donde sobre un sedimento arenoso se contabilizaron entre 250 y 300 especímenes.

##### nivel 580 cm:

Se trata de un nivel de arenas como sedimento, en el que se contabilizaron 259 individuos repartidos en 11 especies, entre las que resultan a destacar: *Cibicides lobatulus* (72), *Elphidium crispum* (69), como especies más numerosas, seguidas de *Quinqueloculina seminula* (40), *Ammonia beccarii* (36) y *Elphidium fichtelianum* (20). La diversidad es muy baja ( $a=2$ ).

La edad de este nivel obtenida por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de 8.180  $\pm$  80 años B.P.

##### nivel 560 cm:

En el que se contabilizaron, 292 caparazones repartidos en 10 especies, con marcado dominio de *Cibicides lobatulus* (109), seguido de *Elphidium crispum* (68), *Quinqueloculina seminula* (48), y *Ammonia beccarii* (36), con diversidad específica baja,  $a=2$ .

La edad de este nivel obtenida por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de 8.300  $\pm$  85 años B.P.

##### nivel 535 cm:

El sedimento continúa siendo arenoso, en él los especímenes contabilizados llegan a 287, repartidos en 13 especies, con dominancia, más marcada que en los niveles anteriores, de *Cibicides lobatulus* (166), seguido de *Elphidium crispum* (46), *Ammonia beccarii* (13) y *Quinqueloculina seminula* (7). Se trata, como en los casos anteriores, de una asociación con carácter monoespecífico y de baja diversidad ( $a=3$ ).

La edad de este nivel obtenida por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de 8.275  $\pm$  80 años B.P.

#### V.3.1.b. Niveles 525 cm a 120 cm:

Comprende los niveles 120, 140, 160, 180, 205, 220, 240, 260, 280, 285, 305, 310, 320, 340, 360, 380, 405, 420, 440, 455, 465, 480, 505, 520 y 525 cm., respectivamente, en



los cuales existen caparazones pero en número muy escaso, aunque sólo su presencia nos resulta válida para corroborar un ambiente marino.

nivel 95 cm:

Se contabilizaron un total de 283 caparazones repartidos en 20 especies, de los que resulta como especie dominante *Cibicides lobatulus* (213), seguido de *Rosalina globularis* (24). Se puede observar un aumento de la diversidad específica ( $a=5$ ), así como la presencia ocasional de planctónicos y de Bolívínidos.

La edad de este nivel obtenida por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de  $2.705 \pm 60$  años B.P.

nivel 80 cm:

Se contabilizaron 303 especímenes repartidos en 14 táxones, pertenecientes en su mayoría a la especie de *Cibicides lobatulus* (238), seguida de *Rosalina globularis* (33) y *Elphidium crispum* (13). La diversidad específica baja, ( $a=3$ ), y una población marcadamente monoespecífica son las características más notables en este nivel.

nivel 60 cm:

Se contabilizaron hasta 311 individuos repartidos en 19 especies, de entre las que el dominio sigue siendo de *Cibicides lobatulus* (180), seguido de *Rosalina globularis* (52), *Globigerina bulloides* (18) y *Planorbulina mediterraneensis* (13). De nuevo, la diversidad específica se establece en torno al nivel 5.

La edad de este nivel obtenida por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de  $2.655 \pm 55$  años B.P.

nivel 40 cm:

Se contabilizaron 263 individuos repartidos en 14 especies, entre las que destacamos: *Cibicides lobatulus* (89), *Rosalina globularis* (66), *Planorbulina mediterraneensis* (63) y *Globigerina bulloides* (44). El índice de diversidad regresa a valores inferiores a 5 ( $a=3$ ).

La edad de este nivel obtenida por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de  $2.400 \pm 60$  años B.P.

nivel 20 cm:

Se contabilizaron 288 caparazones, repartidos en 21 especies, de entre las que destacamos por su abundancia: *Cibicides lobatulus* (85), *Rosalina globularis* (78), *Planorbulina mediterraneensis* (72), *Elphidium crispum* (19) y *Globigerina bulloides* (13). El índice de diversidad es alto, ( $a=6$ ). La edad de este nivel obtenida por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de  $2.275 \pm 75$  años B.P.

V.4.- ZONA DE ARES (B). (VER ANEXOS 2 Y 3).

## V.4.1. Sondeo Ares VC 6, Ría de Ares, Golfo Ártabro

Situado a una distancia de la costa de entre 1 y 2 km, con una longitud de 5.5 m y una profundidad de columna de agua de 14.5 m.

El análisis mineralógico indica abundancia de cuarzo, con distintas tonalidades: incoloras, grises, lechosas o naranjas, brillante, con formas redondeadas a subredondeadas. Asimismo, encontramos mica, (moscovita y biotita), feldespatos y fragmentos de roca, esencialmente plutónicas, y también metamórficas y calcáreas. Entre los bioclastos destacan los bivalvos, gasterópodos, foraminíferos y restos de corales.

Este sondeo abarca 31 muestras, tomadas a distancias comprendidas entre 5, 15, 20 y 25 cm. según las variaciones en la sedimentación.

Se inicia su análisis en un nivel inferior, correspondiente al nivel 530 cm. y se finaliza en el nivel superior correspondiendo a 20 cm.

## V.4.1.a. Niveles 530 cm a 455 cm:

Este tramo del sondeo es azoico. Su naturaleza arcillosa, así como los restos de estructura rocosa (esquistos), distinguibles en él permiten que lo identifiquemos como parte del perfil de alteración de la roca, por tanto correspondiente a una etapa continental subedáfica. Conviene resaltar que a partir de la estratigrafía sísmica, (Ver Anexos 2 y 3), la parte basal del sondeo aparentaba ser también marina y no continental.

## nivel 440 cm:

Se contabilizaron 260 individuos repartidos en 26 especies, de entre las cuales cabe destacar: *Cibicides lobatulus* (44), *Gavelinopsis praegeri* (46), *Rosalina globularis* (23), *Globigerina bulloides* (19), *Bolivina plicata* (18) y *Brizalina variabilis* (13).

Destaca el valor elevado de la diversidad específica ( $a=9$ ).

La edad de este nivel obtenida por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de 11.670+/-150 años B.P.

## nivel 435 cm:

Se contabilizaron 315 individuos, repartidos en 38 especies, de entre los que destacamos: *Cibicides lobatulus* (60), *Bolivina plicata* (25), *Gavelinopsis praegeri* (24), *Bolivina pseudoplicata* (20), *Haynesina germanica* (19), *Globigerina bulloides* (16) y *Rosalina globularis* (11).

Destaca el valor elevado de la diversidad específica ( $a=9$ ).

## nivel 415 cm:

Se contabilizaron 464 especímenes repartidos en 20 especies, entre los que destacan: *Cibicides lobatulus* (360), *Elphidium macellum* (24), *Rosalina globularis* (23), *Gavelinopsis pra-*



*egeri* (10) y *Planorbulina mediterraneensis* (16).

La diversidad específica es baja ( $a=4$ ), la población se hace monoespecífica lo que puede atribuirse a una fase de gran aporte de aguas continentales, que a su vez hace variar los parámetros ecológicos y con ellos las formas de vida, no sólo en cuanto a foraminíferos, sino en la microfauna que suele comunmente acompañarle: disminuyen las espículas de poríferos, púas de erizos, restos de conodontos, etc. Aunque el escaso número de táxones tiene valores ecológicos poco significativos, en los sondeos que nosotros analizamos, consideramos que en su conjunto son determinantes para establecer el ambiente.

La edad de este nivel obtenida por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de 12.275+/-95 años B.P.

#### V.4.1.b. Niveles 410 cm a 140 cm:

Se analizaron los niveles: 390, 370, 340, 320, 295, 280, 260, 240, 220, 205, 180, y 160 cm, encontrándose en todos ellos esporádicamente foraminíferos.

Cabe destacar un cambio en el sedimento entre los niveles 370 cm y 340 cm, que pasa a ser de clastos, micas y cuarzo fino, a arenoso claro y conchífero, hasta el nivel 140 cm, donde se convierte en un sedimento muy fino micáceo de tonos grises.

#### nivel 125 cm:

Sobre un sedimento de barros finos se encuentran numerosos ejemplares de foraminíferos. Se contabilizaron 498 individuos, repartidos en 34 especies, de entre las que destacamos: *Cibicides lobatulus* (125), *Rosalina globularis* (123), *Gavelinopsis praegeri* (47), *Bolivina difformis* (26) y *Globigerina bulloides* (21). Las condiciones se hacen más estables, como lo pone de manifiesto el incremento en la diversidad específica ( $a=7$ ).

#### nivel 105 a 35 cm:

Siendo el nivel 105 cm arenoso conchífero mientras los niveles 80, 60 y 35 cm es limoso. Los foraminíferos son siempre muy escasos.

#### nivel 20 cm:

Caracterizado como arenas de grano fino, con cuarzo, mica y bioclastos, y presencia abundante de foraminíferos. Se contabilizaron 254 especímenes pertenecientes a 21 especies entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (142), *Cibicides refulgens* (22), *Cibicides pseudoungerianus* (13), *Rosalina globularis* (21) y *Gavelinopsis praegeri* (16). El índice de diversidad baja a 5.

### V.5.- ZONA DE CORUÑA RÍA (D) (VER ANEXOS 2 Y 3).

#### V.5.1. Sondeo C-49, Ría de A Coruña, Golfo Ártabro

Se trata de un sondeo de 4,40 m de longitud, con una profundidad de columna de agua



de 23,20 m. El análisis mineralógico detecta la abundancia de cuarzo, en tonalidades grises, lechosas e incolores, brillantes, poco feldespato, mica, (biotita y moscovita). No se encuentran fragmentos de rocas y bioclastos de bivalvos, foraminíferos y gasterópodos.

Para su estudio se toman muestras a intervalos de 15, 20 y 25 cm, resultando los siguientes niveles: 440 cm, como nivel inferior, seguido de los niveles 420, 405, 380, 360, 340, 320, 305, 280, 260, 240, 220, 205, 180, 160, 140, 120, 95, 80, 60, 40 y 20 cm, como nivel superior. La textura del sedimento se mantiene constante a lo largo de todo el sondeo, el grano es de fino a muy fino, micáceo y de tonalidades grises.

El análisis micropaleontológico da como resultado una presencia abundante de foraminíferos en los niveles 440, 340, 280, 205, 140 y 20 cm., con características microfaunísticas similares en todos ellos, por lo que se exponen los datos específicos de cada nivel y se interpretan al final en conjunto. En los restantes niveles, se encontraron siempre presentes pero en número muy escaso, y acompañados de manera constante de microfauna afín: espículas de esponjas, restos de conodontos, púas de erizos, protoconchas, etc.

#### nivel 440 cm:

Se contabilizaron 246 individuos, pertenecientes a 12 especies, entre las que destacan por su abundancia: *Cibicides lobatulus* (132), *Rosalina globularis* (58) y *Gavelinopsis praegeri* (20). Resalta la presencia ocasional de *Cibicides refulgens* y *Cibicides pseudoungerianus*. El índice de diversidad es muy bajo, inferior siempre a 5. Este nivel ha sido datado por AMS radiocarbón en caparazones de *Cibicides lobatulus* dando una edad de 9.625  $\pm$  115 años B.P.

#### nivel 340 cm:

Se contabilizaron 261 caparazones, pertenecientes a 11 especies, entre las que cabe resaltar: *Cibicides lobatulus* (194), *Rosalina globularis* (24), *Gavelinopsis praegeri* (12), *Asterigerinata mamilla* (6) y *Quinqueloculina seminula* (10). El índice de diversidad se mantiene en los valores del nivel anterior. Este nivel ha sido datado por AMS radiocarbón en caparazones de *Cibicides lobatulus* dando una edad de 9.815  $\pm$  90 años B.P.

#### nivel 280 cm:

Se contabilizaron 256 individuos, pertenecientes a 12 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (205) y *Rosalina globularis* (30). El índice de diversidad sigue en los mismos valores. Este nivel ha sido datado por AMS radiocarbón en caparazones de *Cibicides lobatulus* dando una edad de 7.625  $\pm$  75 años B.P.

#### nivel 205 cm:

Se contabilizaron 256 individuos, pertenecientes a 8 especies, entre las que cabe destacar: *Cibicides lobatulus* (199) y *Rosalina globularis* (51). Cabe destacar la presencia ocasional de bolivínidos. El índice de diversidad sigue siendo muy inferior a 5. Este nivel ha sido data-

do por AMS radiocarbón en caparazones de *Cibicides lobatulus* dando una edad de 5.455 +/- 75 años B.P.

nivel 140 cm:

Se contabilizaron 253 especímenes pertenecientes a 8 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (236), *Rosalina globularis* (8) y *Gavelinopsis praegeri* (3). El índice de diversidad es muy bajo.

V.5.1.a. Niveles 120 cm a 40 cm):

Se encontraron un número muy escaso de foraminíferos, acompañados de espículas de esponjas y protoconchas.

nivel 20 cm:

Se contabilizaron 269 individuos, pertenecientes a 7 especies, entre las que destacan : *Cibicides lobatulus* (224), *Rosalina globularis* (29), *Gavelinopsis praegeri* (8) y *Discorbis mamilla* (3). El índice de diversidad se mantiene en los valores anteriores, siempre inferior a 5.

V.5.2. Sondeo C-60, A Coruña, Golfo Ártabro.

Se trata de un sondeo de 5.75 m con profundidad de columna de agua de 28,90 m. En el análisis mineralógico se encuentra cuarzo, de tonalidades grises, lechosas e incoloras, brillantes, es muy abundante la mica, (moscovita y biotita), poco feldespato y abundan restos fragmentados de bioclastos como bivalvos, gasterópodos y foraminíferos. Desde el punto de vista granulométrico existe una variación en el tamaño de grano de los sedimentos que varían arenas de tamaño de grano medio, en la base del sondeo, a arenas finas, situadas en niveles superiores confirmándose así también por este criterio el incremento de la profundidad a medida que progresa la última transgresión marina.

Para su estudio se han tomado 33 muestras a intervalos de 15 ó 20 cm, resultando los siguientes niveles: como nivel inferior 575 cm, le siguen 560, 540, 525, 510, 490, 475, 460, 440, 425, 410, 390, 375, 360, 340, 325, 310, 290, 275, 260, 240, 225, 210, 190, 175, 160, 140, 125, 110, 80, 60, 40 y 20 cm, como nivel superior.

Los niveles 560, 525, 490, 475 y 460 cm, tienen foraminíferos aunque su número resulta insuficiente.

nivel 575 cm:

Se contabilizaron 270 caparazones pertenecientes a 10 especies, entre las que destacan por su abundancia: *Cibicides lobatulus* (230), *Rosalina globularis* (16) y *Elphidium crispum* (9). El sedimento es de grano grueso silíceo. Cabe destacar la presencia de *Cibicides refulgens* y el valor tan bajo del índice de diversidad ( $a=2$ ).



nivel 540 cm:

Se contabilizaron 261 individuos, pertenecientes a 12 especies, entre las que destacan por su abundancia: *Cibicides lobatulus* (208) y *Rosalina globularis* (22), con presencia de *Quinqueloculina seminula* y *Elphidium crispum*. El valor del índice de diversidad sigue siendo muy bajo.

nivel 510 cm:

Se contabilizaron 243 especímenes repartidos en 11 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (186), *Rosalina globularis* (14), *Elphidium macellum* (10), *Elphidium macellum* var. *Aculeatum* (8), *Elphidium crispum* (6) y *Quinqueloculina seminula* (7). El valor de la diversidad sigue siendo muy bajo ( $a=1$ ). El sedimento es de grano grueso silíceo. Cabe destacar la presencia de *Cibicides refulgens*.

nivel 440 cm:

Se contabilizaron 278 individuos pertenecientes a 18 especies, entre las que destacan : *Cibicides lobatulus* (203), *Rosalina globularis* (44), ambos claramente autóctonos, los caparazones son de todos los tamaños. Presencia de *Globigerina bulloides*, *Cibicides refulgens* y *Cibicides pseudoungerianus*, así como de *Ammonia beccarii*. El índice de diversidad se aproxima a 5.

nivel 425 cm:

Se contabilizaron 259 especímenes pertenecientes a 10 especies, entre las que destacan *Cibicides lobatulus* (213) y *Rosalina globularis* (31), con presencia de *Globigerina bulloides*. El índice de diversidad es muy bajo ( $a=2$ ).

nivel 410 cm:

Se contabilizaron 223 individuos, pertenecientes a 11 especies entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (1829) y *Rosalina globularis* (27). Presencia de *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *Quinqueloculina seminula* y *Globigerina bulloides*. El índice de diversidad tiene un valor bajo ( $a=3$ ).

nivel 390 cm:

Se contabilizaron 262 caparazones pertenecientes a 11 especies, entre las que destacan : *Cibicides lobatulus* (212), y *Rosalina globularis* (26). Cabe destacar la presencia de *Cibicides refulgens* y *Globigerina bulloides*, así como el aumento de tamaño de grano en el sedimento. El valor del índice de diversidad se mantiene en niveles bajos ( $a=3$ ).

nivel 375 cm:

Se contabilizaron 262 individuos, pertenecientes a 10 especies, entre las que destacan *Cibicides lobatulus* (212), *Rosalina globularis* (27) y *Elphidium crispum* (14), con presencia de



*Cibicides refulgens* y *Quinqueloculina seminula*. El índice de diversidad tiene un valor de 2.

nivel 360 cm:

Se contabilizaron 232 caparazones pertenecientes a 10 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (2049), *Rosalina globularis* (13) y *Elphidium crispum* (6). Destaca la presencia de *Quinqueloculina seminula* y *Globigerina bulloides*. El valor del índice de diversidad sigue siendo de 2.

nivel 340 cm:

Se contabilizaron 276 individuos pertenecientes a 10 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (229) y *Rosalina globularis* (22). Destacan la presencia de *Elphidium crispum* y *Elphidium macellum*, con siete ejemplares cada uno, así como la presencia ocasional de *Globigerina bulloides* y *Cibicides refulgens*. El índice de diversidad continúa siendo inferior a 5.

nivel 325 cm:

Se contabilizaron 238 caparazones, pertenecientes a 11 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (199) y *Rosalina globularis* (24). Cabe destacar la presencia de *Cibicides refulgens*, *Quinqueloculina Seminula*, *Elphidium crispum* y *Globigerina bulloides*. El valor del índice de diversidad continúa siendo inferior a 5.

nivel 310 cm:

Se contabilizaron 279 caparazones, pertenecientes a 9 especies, entre las que destacan por su abundancia: *Cibicides lobatulus* (251), *Rosalina globularis* (11) y *Elphidium crispum* (9). Destaca la presencia de *Elphidium fichtelianum*, *Quinqueloculina seminula* y *Globigerina bulloides*. El índice de diversidad continúa siendo muy bajo ( $a=2$ ).

nivel 290 cm:

Se contabilizaron 252 caparazones, pertenecientes a 11 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (192), *Rosalina globularis* (39). Destaca la presencia de *Elphidium crispum*, *Globigerina bulloides* y *Ammonia beccarii*. El índice de diversidad tiene un valor muy bajo ( $a=3$ ).

nivel 275 cm:

Se contabilizaron 290 caparazones pertenecientes a 8 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (262), *Rosalina globularis* (8), *Quinqueloculina seminula* (8) y *Elphidium crispum* (7). El índice de diversidad tiene un valor muy bajo ( $a=2$ ).

nivel 260 cm:

Se contabilizaron 256 especímenes, pertenecientes a 11 especies, entre las que destacan por su abundancia: *Cibicides lobatulus* (229) y *Rosalina globularis* (18). Cabe destacar la presencia de *Quinqueloculina seminula*, *Elphidium crispum* y *Globigerina bulloides*. El índice de diversidad se mantiene en valores inferiores a 5.

nivel 240 cm:

Se contabilizaron 272 caparazones pertenecientes a 14 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (226), *Rosalina globularis* (199) y *Quinqueloculina seminula* (10).

Cabe destacar al presencia de *Elphidium crispum* y *Globigerina bulloides*. El valor del índice de diversidad es inferior a 5.

nivel 225 cm:

Se contabilizaron 333 caparazones pertenecientes a 14 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (287) y *Rosalina globularis* (16). Cabe destacar al presencia de *Ammonia beccarii*, *Quinqueloculina seminula*, *Elphidium crispum* y *Globigerina bulloides*. El índice de diversidad alcanza el valor de 5.

nivel 210 cm:

Se contabilizaron 281 especímenes pertenecientes a 11 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (254), *Rosalina globularis* (8) y *Elphidium crispum* (8). Cabe destacar la presencia de *Cibicides refulgens* y el valor del índice de diversidad que de nuevo baja de 5.

nivel 190 cm:

Se contabilizaron 241 individuos pertenecientes a 13 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (191) y *Rosalina globularis* (28). Cabe destacar al presencia de *Ammonia beccarii*, *Quinqueloculina seminula* y *Haynesina germanica*. Los caparazones de *Cibicides lobatulus* son de diferentes tamaños, poco ornamentados y con escasos poros. El índice de diversidad es inferior a 5.

nivel 175 cm:

Se contabilizaron 272 caparazones pertenecientes a 12 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (234) y *Rosalina globularis* (18). Cabe reseñar la presencia ocasional de *Elphidium crispum* y *Quinqueloculina seminula*. El índice de diversidad es inferior a 5.

nivel 160 cm:

Se contabilizaron 266 individuos, pertenecientes a 11 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (221) *Rosalina globularis* (269). Cabe destacar al presencia de *Globigerina bulloides*, *Quinqueloculina seminula* y *Elphidium crispum*. El índice de diversidad sigue siendo bajo.

nivel 140 cm:

Se contabilizaron 296 caparazones, pertenecientes a 14 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (217) y *Rosalina globularis* (55). Cabe señalar la presencia ocasional de *Globigerina bulloides*, así como los géneros *Bolivina* y *Brizalina*. El índice de diversidad es de 5.

nivel 125 cm:

Se contabilizaron 254 individuos pertenecientes a 11 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (217) y *Rosalina globularis* (21). Cabe señalar la presencia de *Quinqueloculina seminula* y *Elphidium crispum*, así como la presencia de caparazones de *Cibicides lobatulus* en formas gerónicas. El índice de diversidad es, de nuevo, inferior a 5.

nivel 110 cm:

Se contabilizaron 303 caparazones, pertenecientes a 16 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (231) y *Rosalina globularis* (47). Cabe señalar la presencia de los géneros *Bolivina*, *Brizalina* y *Bulimina*, así como de otras especies: *Cibicides pseudoungerianus* y *Globigerina bulloides*. Los caparazones de *Rosalina* y *Cibicides* son de carácter autóctono, de todos los tamaños. El valor de la diversidad es de 5.

nivel 80 cm:

Se contabilizaron 248 especímenes pertenecientes a 21 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (148) y *Rosalina globularis* (70). Cabe señalar la presencia de los géneros *Bolivina*, *Brizalina* y *Bulimina*, así como de otras especies: *Elphidium crispum*, *Quinqueloculina seminula* y *Globigerina bulloides*. El índice de diversidad alcanza el valor de 6, lo que ya se corroboraba con el hecho de que el número de especies es bastante mayor que en el resto del sondeo.

nivel 60 cm:

Se contabilizaron 280 individuos, pertenecientes a 14 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (210) y *Rosalina globularis* (55). Cabe destacar los caparazones de *Rosalina*, muy bien formados, ornamentados, todos los tamaños, e incluso con las tonalidades marrones características. Otras especies son: *Cibicides pseudoungerianus*, *Elphidium crispum* y *Quinqueloculina seminula*.

nivel 40 cm:

Se contabilizaron 311 caparazones, pertenecientes a 16 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (242) y *Rosalina globularis* (41). El sedimento se vuelve muy fino, lo que



a su vez, determina especies con caparazones pequeños, más patente en el caso de las especies autóctonas. El índice de diversidad alcanza el valor de 5.

nivel 20 cm:

Se contabilizan 258 individuos, pertenecientes a 13 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (158), *Rosalina globularis* (65), *Gavelinopsis praegeri* (11) y *Asterigerinata mamilla* (6). Otras especies son *Globigerina bulloides*, *Quinqueloculina seminula* y *Elphidium crispum*. El índice de diversidad retorna a valores inferiores a 5.

#### V.5.3. Sondeo P.R. (Puerta Real), A Coruña, Golfo Ártabro.

La muestra estudiada fue tomada durante la excavación del colector urbano de A Coruña en el Paseo de La Marina, a la altura de Puerta Real. Se trata de 1.5 m de sedimentos rítmicos formados por niveles alternantes de color verde y crema de 0.5 cm de espesor. El material es de grano muy fino y bien calibrado, está constituido por arenas y arcilla, siendo los niveles verdosos los que presentan mayor contenido en arcillas. La secuencia se apoya sobre un substrato rocoso granítico que se encuentra alterado en sus 20 primeros centímetros. A techo, y en discordancia erosiva, está recubierto por un nivel conchífero de unos 15 cm de espesor máximo que se intercala con los sedimentos rítmicos.

El análisis de los foraminíferos bentónicos determina que en ninguno de los niveles estudiados se contabiliza un número suficiente de los mismos, a pesar de haber sido contados todos los ejemplares de cada muestra.

nivel 150 cm:

Se contabilizaron 20 individuos, pertenecientes a 6 especies, entre las que destacan: *Cibicides refulgens* (7), *Trifarina spathulata* (6), *Cibicides lobatulus* y *Elphidium macellum* (2).

nivel 100 cm:

Se contabilizaron 36 individuos, pertenecientes a 12 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (8), *Elphidium macellum* var. *Aculeatum* (5), *Cibicides refulgens* (5) y *Ammonia beccarii* var. *inflata* (3).

nivel 75 cm:

Se contabilizaron 22 caparazones de 5 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (8), *Brizalina spathulata* (8) y *Elphidium macellum* var. *aculeatum* (3).

nivel 50 cm:

Se contabilizaron 165 caparazones, pertenecientes a 30 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (27), *Elphidium macellum* var. *aculeatum* (19), *Cibicides refulgens* (109) y *Ammonia beccarii* (11).

Cabe señalar la presencia de *Globigerina*, así como un aumento en la diversidad. La edad de este nivel es de  $4.135 \pm 80$  años B.P. Para obtener esta edad se utilizaron conchas de *Hydrobia ulvae*.

nivel 25 cm:

Se contabilizaron 93 caparazones, pertenecientes a 19 especies, entre las que destacan: *Brizalina spatulata* (49), *Cibicides refulgens* (8), *Brizalina subaenariensis* (5), *Cibicides lobatulus* (4) y la presencia de *Globigerina*.

#### V.6. ZONA DE ORZÁN.(C) (VER ANEXOS 2 Y 3).

##### V.6.1. Sondeo C-42 Orzán, (A Coruña), Golfo Ártabro

Este sondeo tiene 4,35 m de espesor, y se halla a 17,50 m de profundidad.

El análisis mineralógico muestra la presencia de cuarzo lechoso e incoloro, brillante; feldespato, mica (biotita y moscovita), fragmentos de rocas de carácter plutónico y bioclastos, mayoritariamente bivalvos, foraminíferos y gasterópodos, en menor medida corales.

Para su estudio se toman 16 muestras, a intervalos de 20, 25 y 30 cm, correspondientes a los siguientes niveles: 435 cm como nivel inferior, y le siguen 410, 380, 365, 335, 310, 280, 260, 235, 210, 180, 160, 135, 110, 80 y 60 cm, como nivel superior.

De ellos, los niveles 435, 410, 380, 365, 335, 180, 160, 135 y 80 cm, tienen un número insuficiente de foraminíferos. Los niveles más inferiores: 435, 410, 380, 365 y 335 cm, se encontraron sobre un sedimento de grano grueso, foraminíferos bien formados y con buena ornamentación, pero en número insuficiente. Estas características se mantienen para los niveles 180, 160 y 135 cm, sin embargo, en el nivel 80 cm, el sedimento es muy fino y los foraminíferos presentan formas enanas además de ser escasos.

Por el contrario, en los niveles 310, 280, 260, 235, 210, 110 y 60 cm, el número de foraminíferos es suficiente como para establecer unas conclusiones.

nivel 310 cm:

Se contabilizaron únicamente 229 individuos, repartidos en 4 especies, repartidos en las siguientes proporciones, según su abundancia. *Cibicides lobatulus* (178), *Elphidium crispum* (389) *Rosalina globularis* (9) y *Quinqueloculina seminula* (4).

La diversidad específica es muy baja.

nivel 280 cm:

Se contabilizaron 275 individuos, pertenecientes a 5 especies, repartidas por orden de abundancia de la siguiente manera: *Cibicides lobatulus* (242), *Elphidium crispum* (20) y *Rosalina globularis* (12).

La diversidad específica es muy baja.

nivel 260 cm:

Se contabilizaron 277 individuos, pertenecientes a 7 especies, repartidas por orden de abundancia, de la siguiente manera: *Cibicides lobatulus* (229), *Elphidium crispum* (23), *Elphidium macellum* (11) y *Rosalina globularis* (10).

El índice de diversidad es muy bajo.

nivel 235 cm:

Se contabilizaron 286 especímenes, pertenecientes a 8 especies, entre las que destacamos: *Cibicides lobatulus* (256), *Rosalina globularis* (20) y *Elphidium crispum* (5).

El índice de diversidad es muy bajo.

nivel 210 cm:

Se contabilizaron 275 individuos, pertenecientes a 9 especies, de las que destacan por su abundancia: *Cibicides lobatulus* (251) y *Rosalina globularis* (13).

La diversidad específica sigue siendo muy baja.

La edad de este nivel obtenida por AMS radiocarbón sobre caparazones de *Cibicides lobatulus* es de 9.055 +/-120 años B.P.

nivel 110 cm:

Se contabilizaron 210 individuos, pertenecientes a 5 especies, de las que destacamos: *Cibicides lobatulus* (213) y *Elphidium crispum* (56).

La diversidad específica es muy baja.

nivel 60 cm:

Se contabilizaron 274 especímenes, pertenecientes a 7 especies, entre las que destacamos: *Cibicides lobatulus* (227) y *Elphidium crispum* (37). La diversidad específica es muy baja.

## V.7 ZONA DE SABÓN-PUNTA LANGOSTEIRA. (E). (VER ANEXOS 2 Y 3).

V. 7.1. Sondeo C-35, Punta Langosteira, (A Coruña), Golfo Ártabro.

Se trata de un sondeo de 5,80 m. de longitud, con profundidad de columna de agua de 28,90 m.

El análisis mineralógico nos indica una gran abundancia de bioclastos de bivalvos, foraminíferos, corales y gasterópodos; además de mica (moscovita y biotita), feldespatos y cuarzo, lechoso, incoloro y brillante.

Para su estudio se toman 33 muestras a intervalos de 10, 20, 25, 30 y 40 cm de distancia entre ellas, que se corresponden con los siguientes niveles : el nivel inferior es el 580 cm, le siguen 540, 510, 480, 460, 435, 410, 380, 360, 335, 325, 310, 280, 260, 235, 210, 180, 160, 135, 110, 80, 60 y 50 cm, como nivel superior.

En todos los niveles se encuentra un número suficiente de foraminíferos, y las especies se



mantienen constantes a lo largo del sondeo.

nivel 580 cm:

Se contabilizaron 326 caparazones pertenecientes a 8 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (264) *Rosalina globularis* (43) y *Elphidium crispum* (8). El índice de diversidad es muy bajo. Este nivel ha sido datado por AMS radiocarbón en caparazones de *Cibicides lobatulus* dando una edad de 6.195  $\pm$  85 años B. P.

nivel 540 cm:

Se contabilizaron 230 individuos pertenecientes a 7 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (204), *Rosalina globularis* (16) y *Elphidium crispum* (6). El índice de diversidad continua en valores muy bajos ( $a=2$ ).

nivel 510 cm:

Se contabilizaron 283 caparazones pertenecientes a 8 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (224) y *Rosalina globularis* (46). El índice de diversidad es de 2.

nivel 480 cm:

Se contabilizaron 279 individuos, pertenecientes a 6 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (228) y *Rosalina globularis* (39). El índice de diversidad sigue en los mismos valores que en anteriores niveles.

nivel 460 cm:

Se contabilizaron 305 individuos, pertenecientes a 9 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (265), *Rosalina globularis* (18) y *Elphidium crispum* (11). El índice de diversidad tiene un valor inferior a 5.

nivel 435 cm:

Se contabilizaron 278 caparazones pertenecientes a 8 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (239), *Rosalina globularis* (19) y *Elphidium macellum* (79). El índice de diversidad se mantiene en valores muy bajos.

nivel 410 cm:

Se contabilizaron 293 caparazones pertenecientes a 8 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (245), *Rosalina globularis* (27) y *Elphidium crispum* (11). El índice de diversidad es muy bajo, ( $a=2$ ). Este nivel ha sido datado por AMS radiocarbón en caparazones de *Cibicides lobatulus* dando una edad de 5.890  $\pm$  130 años B.P.

nivel 380 cm:

Se contabilizaron 282 individuos, pertenecientes a 9 especies, entre las que destacan:

*Cibicides lobatulus* (244) y *Rosalina globularis* (18). El índice de diversidad es de valores inferiores a 5.

nivel 360 cm:

Se contabilizaron 250 caparazones, pertenecientes a 4 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (215), *Rosalina globularis* (27) y *Elphidium crispum* (7). El índice de diversidad tiene un valor inferior a 1.

nivel 335 cm:

Se contabilizaron 283 individuos pertenecientes a 9 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (232), *Rosalina globularis* (24) y *Elphidium crispum* (10). El índice de diversidad tiene un valor de 2.

nivel 325 cm:

Se contabilizaron 299 individuos, pertenecientes a 10 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (247), *Rosalina globularis* (22) y *Elphidium crispum* (20). El índice de diversidad continua en valores inferiores a 5.

nivel 310 cm:

Se contabilizaron 282 caparazones, pertenecientes a 7 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (236), *Rosalina globularis* (28) y *Elphidium crispum* (10). Cabe desatacar la presencia de *Globigerina bulloides*. El valor del índice de diversidad continua siendo muy bajo.

nivel 280 cm:

Se contabilizaron 280 individuos pertenecientes a 9 especies, entre la que destacan: *Cibicides lobatulus* (244), *Rosalina globularis* (23) y *Elphidium crispum* (6). El índice de diversidad es muy bajo ( $a=2$ ).

nivel 260 cm:

Se contabilizaron 235 individuos, pertenecientes a 7 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (206), *Rosalina globularis* (18) y *Elphidium crispum* (6). El índice de diversidad tiene valores muy inferiores a 5.

nivel 235 cm:

Se contabilizaron 276 individuos, pertenecientes a 4 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (245), *Rosalina globularis* (17) y *Elphidium crispum* (12). El índice de diversidad tiene valores muy bajos ( $a=2$ ).

nivel 210 cm:

Se contabilizaron 231 caparazones, pertenecientes a 8 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (198), *Rosalina globularis* (17) y *Elphidium crispum* (6). El índice de diversidad tiene valores inferiores a 5 ( $a=2$ ).

nivel 180 cm:

Se contabilizaron 264 individuos, pertenecientes a 6 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (234), *Elphidium crispum* (17) y *Rosalina globularis* (7). El índice de diversidad se mantiene en valores muy inferiores a 5.

nivel 160 cm:

Se contabilizaron 266 caparazones, pertenecientes a 8 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (237), *Elphidium crispum* (17) y *Rosalina globularis* (5). Cabe destacar la presencia de *Globigerina bulloides* y el índice de diversidad bajo ( $a=1$ ).

nivel 135 cm:

Se contabilizaron 284 especímenes, pertenecientes a 10 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (251) y *Rosalina globularis* (21). El índice de diversidad continua en valores mínimos ( $a=2$ ).

nivel 110 cm:

Se contabilizaron 265 individuos, pertenecientes a 10 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (235) y *Rosalina globularis* (8). Cabe señalar la presencia de *Globigerina bulloides* y el índice de diversidad que se mantiene en valores similares al anterior nivel.

nivel 80 cm.

Se contabilizaron 285 individuos pertenecientes a 8 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (255), *Rosalina globularis* (12) y *Elphidium crispum* (10). El índice de diversidad tiene valores bajos ( $a=2$ ). Este nivel ha sido datado por AMS radiocarbón en caparazones de *Cibicides lobatulus* dando una edad de  $2.575 \pm 60$  años B.P.

nivel 60 cm:

Se contabilizaron 276 individuos, pertenecientes a 7 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (246), *Elphidium crispum* (12) y *Rosalina globularis* (8). Cabe destacar la presencia de *Cibicides refulgens*. El índice de diversidad tiene valores muy bajos ( $a=2$ ).

nivel 50 cm:

Se contabilizaron 286 caparazones pertenecientes a 8 especies, entre las que destacan: *Cibicides lobatulus* (256), *Elphidium crispum* (16) y *Rosalina globularis* (8). El índice de diversidad tiene valores idénticos a



los niveles anteriores.

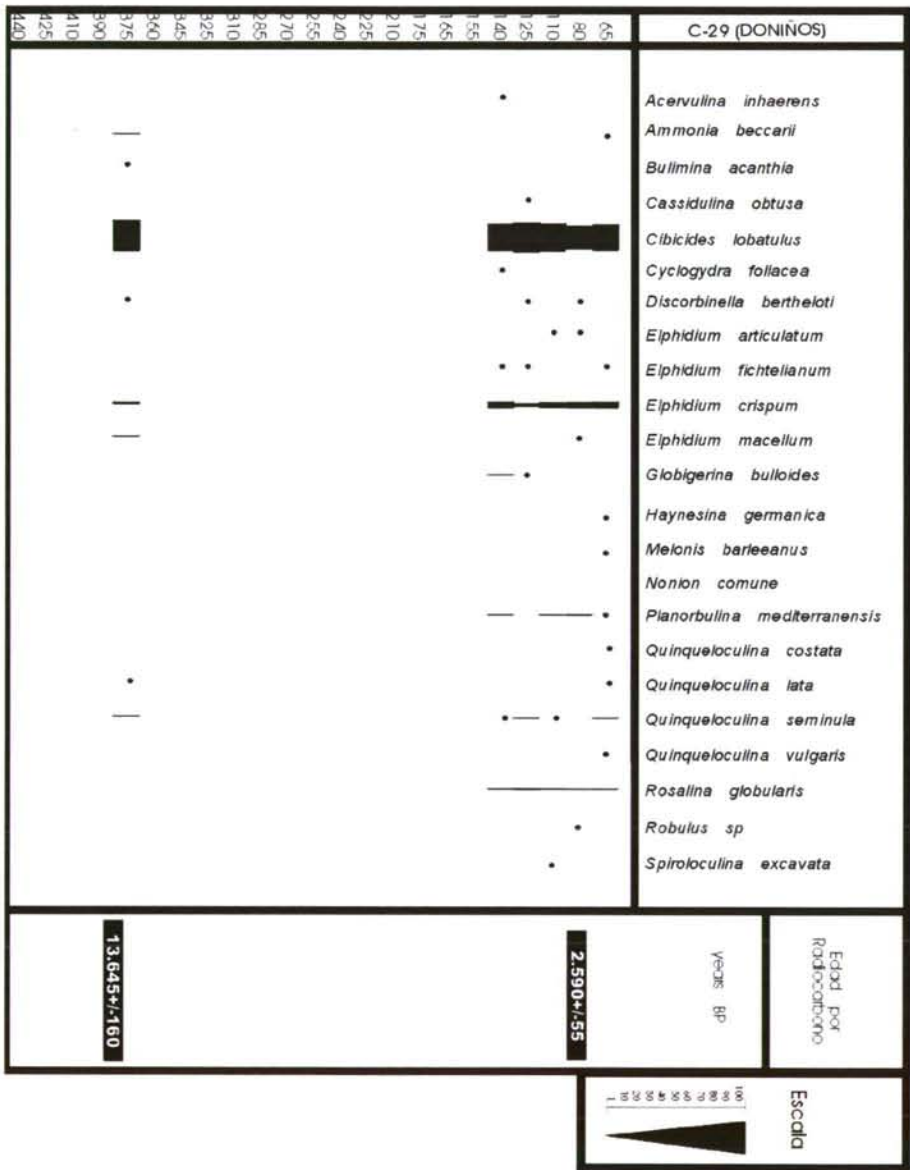


Tabla 5.1. Distribución y abundancia de las especies más importantes de foraminíferos bentónicos a lo largo del sondeo C-29 (Área de Doniños). (Datos de profundidad en cm)

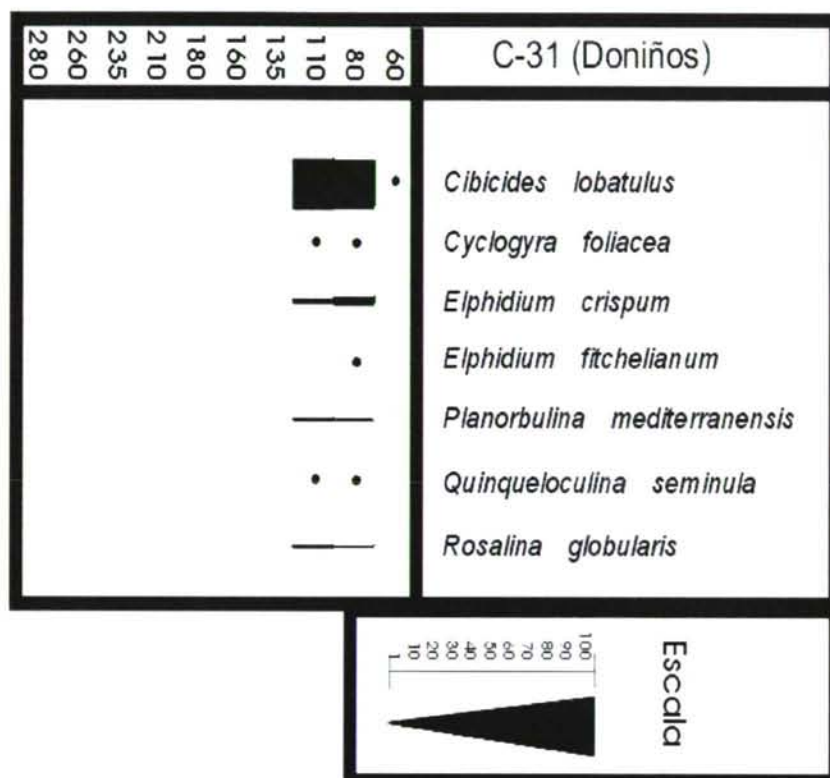


Tabla 5.2. Distribución y abundancia de las especies más importantes de foraminíferos bentónicos a lo largo del sondeo C-31 (Área de Doniños). (Datos de profundidad en cm)

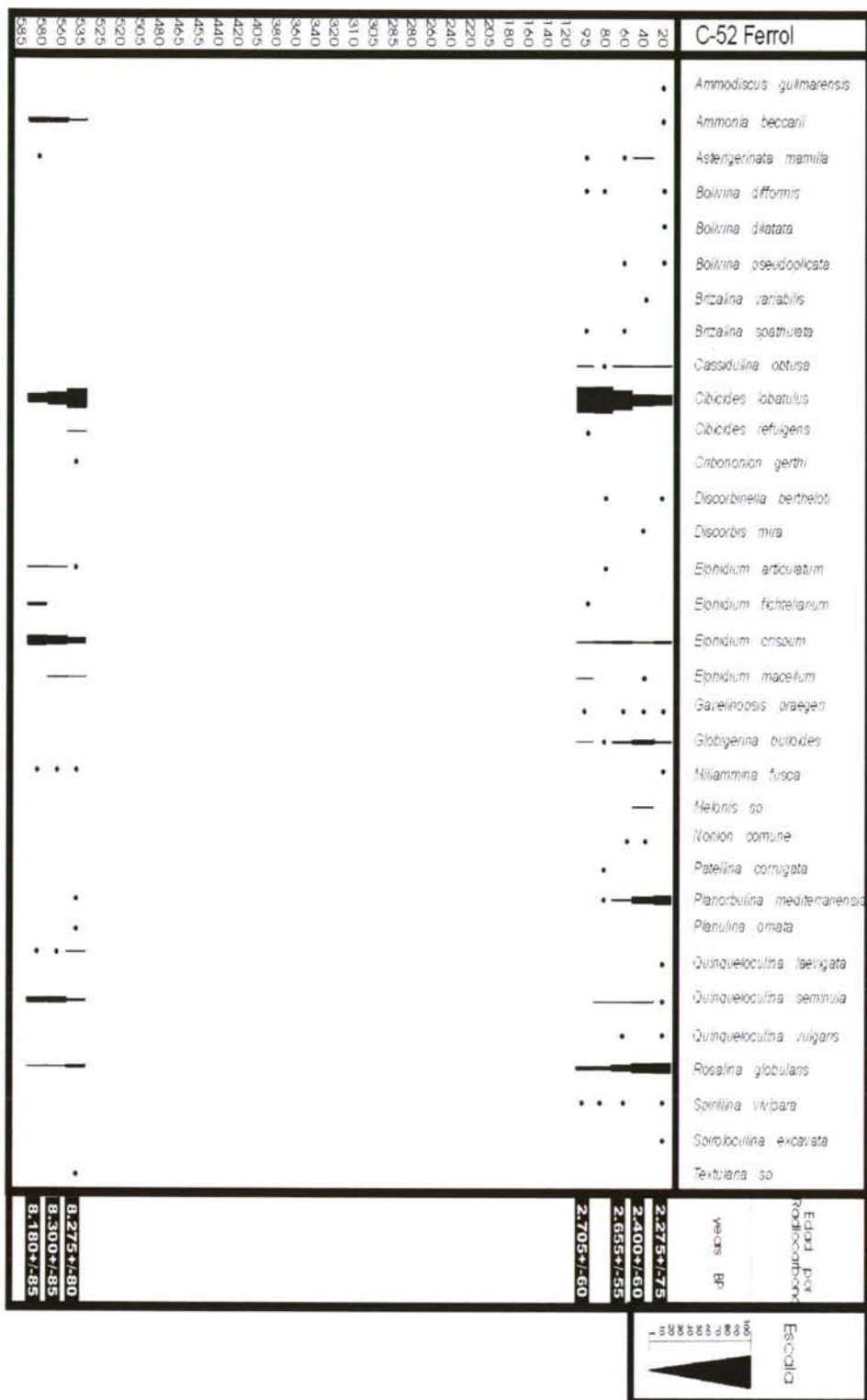


Tabla 5.3. Distribución y abundancia de las especies más importantes de foraminíferos bentónicos a lo largo del sondeo C-52 (Área de Ferrol). (Datos de profundidad en cm)



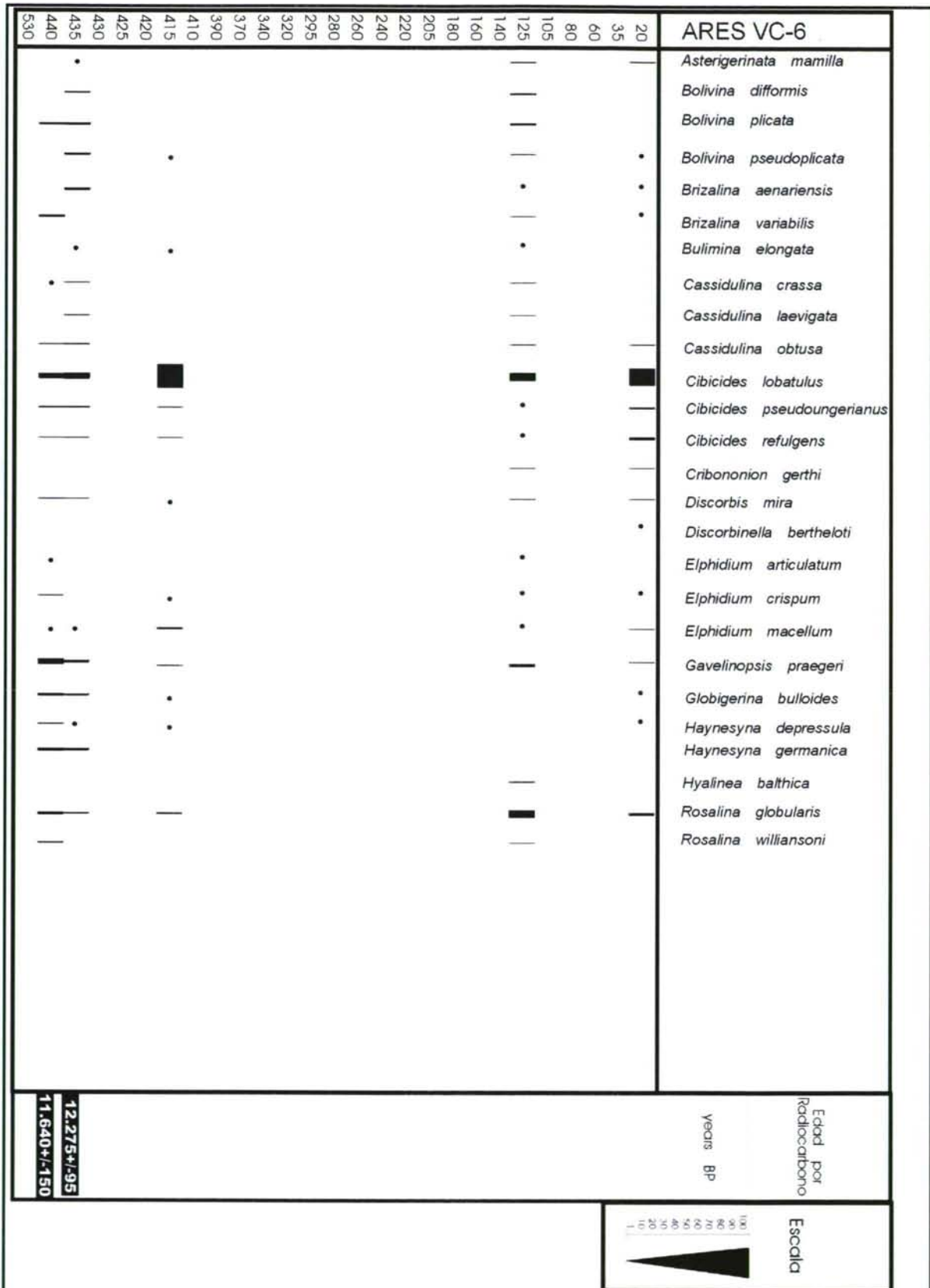


Tabla 5.4. Distribución y abundancia de las especies más importantes de foraminíferos bentónicos a lo largo del sondeo VC-6 (Área de Ares). (Datos de profundidad en cm)

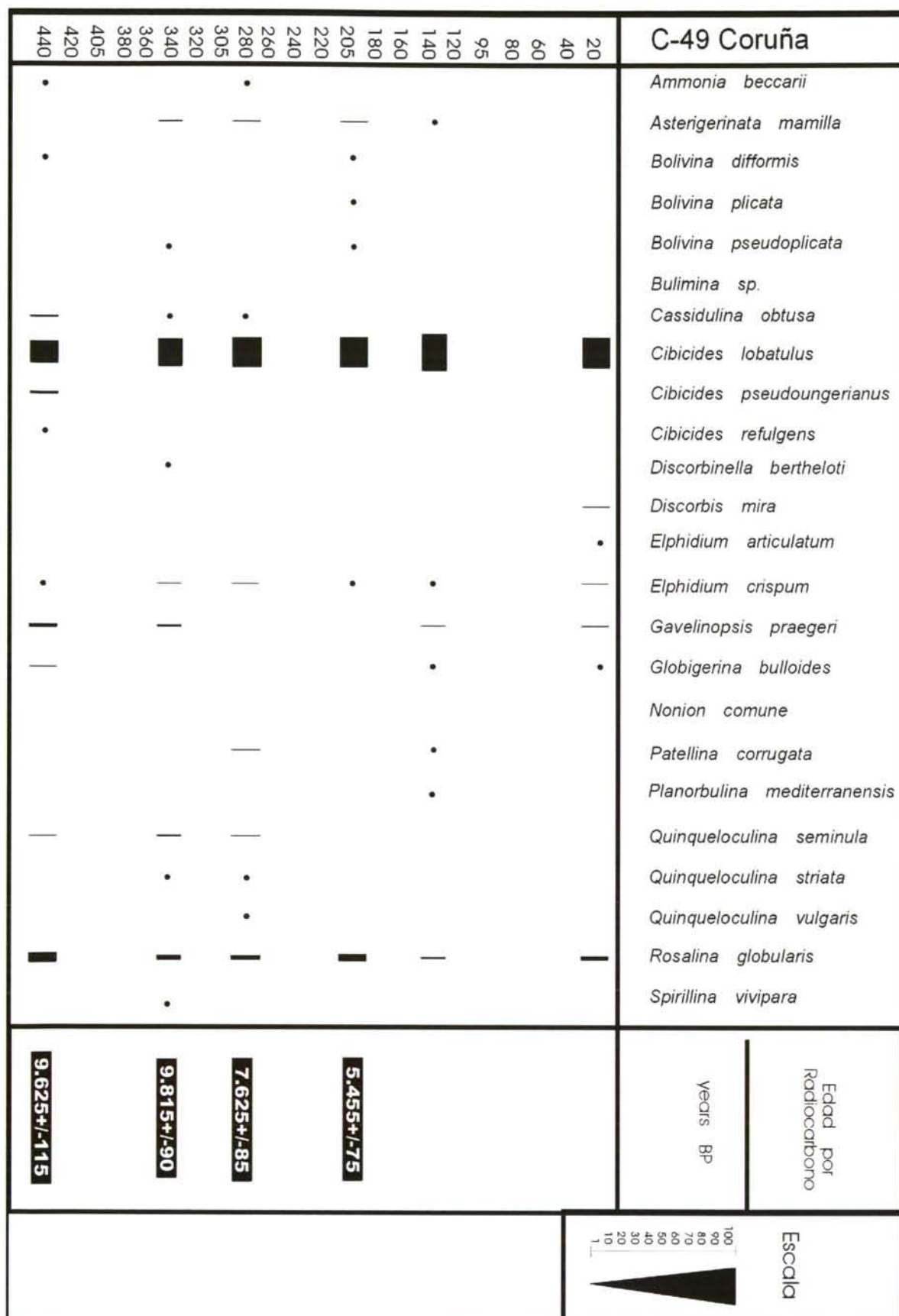


Tabla 5.5. Distribución y abundancia de las especies más importantes de foraminíferos bentónicos a lo largo del sondeo C-49 (Área de Coruña Ría). (Datos de profundidad en cm)

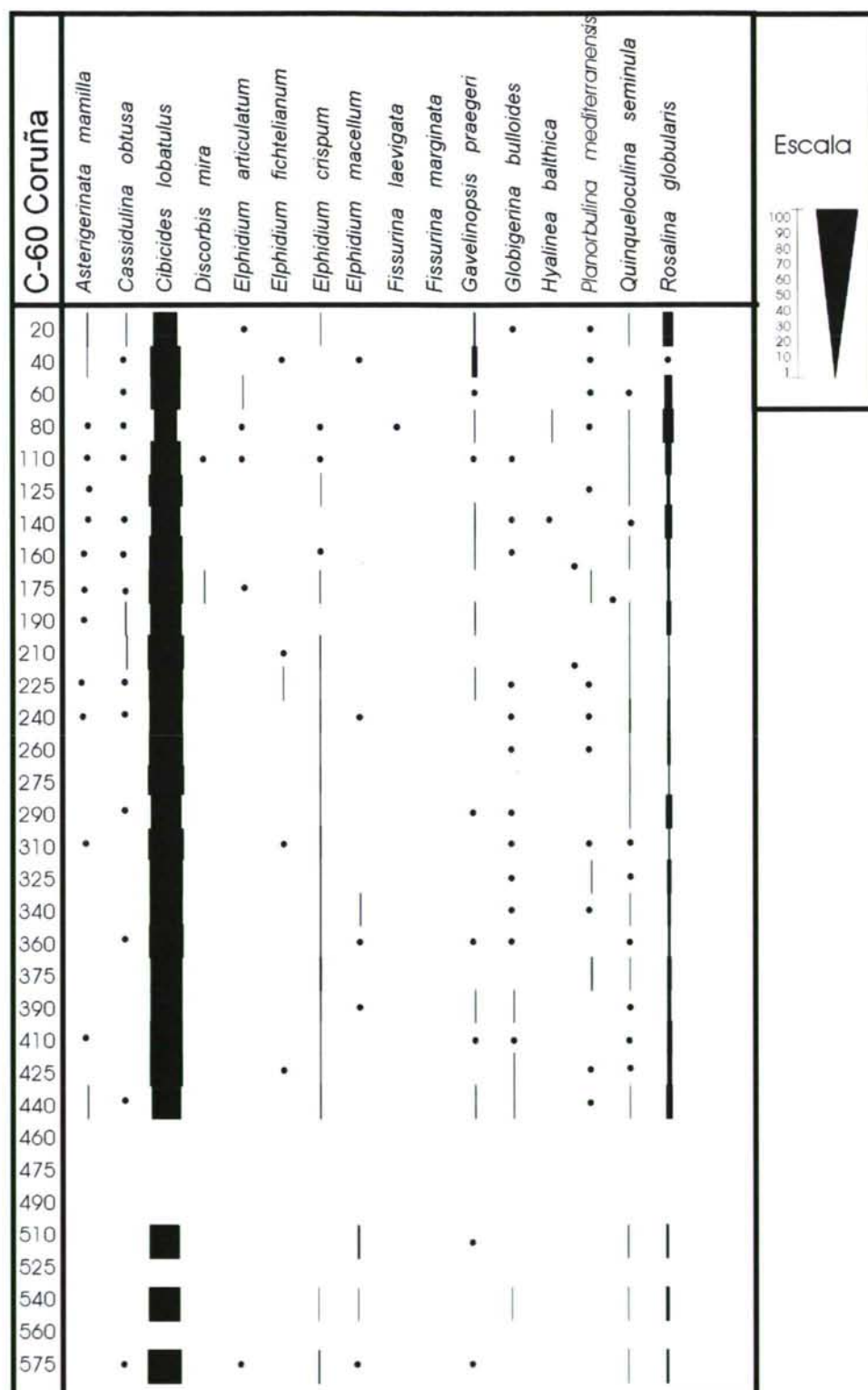


Tabla 5.6. Distribución y abundancia de las especies más importantes de foraminíferos bentónicos a lo largo del sondeo C-60 (Área de Coruña Ría). (Datos de profundidad en cm)



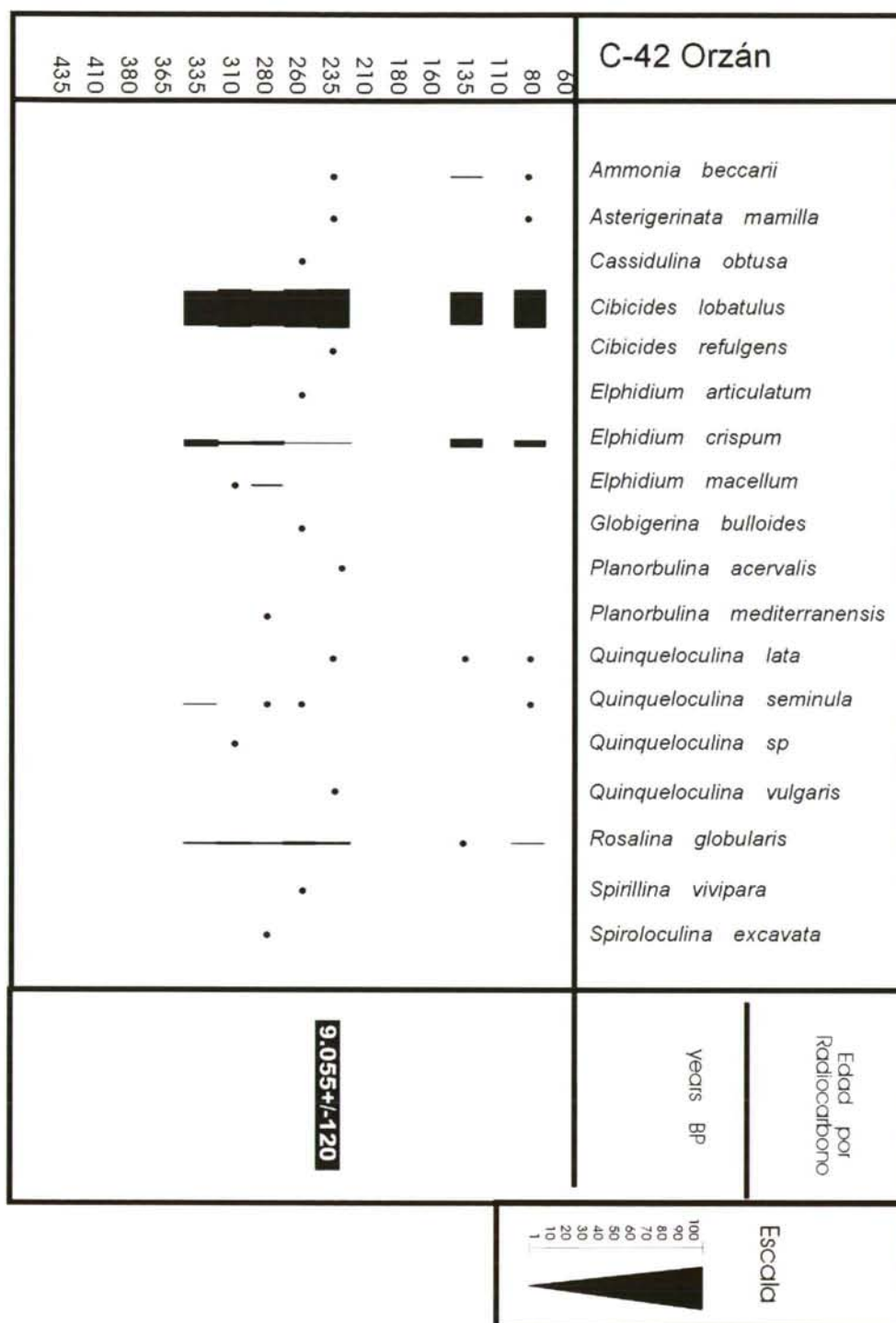


Tabla 5.7. Distribución y abundancia de las especies más importantes de foraminíferos bentónicos a lo largo del sondeo C-42 (Área de Orzán). (Datos de profundidad en cm)

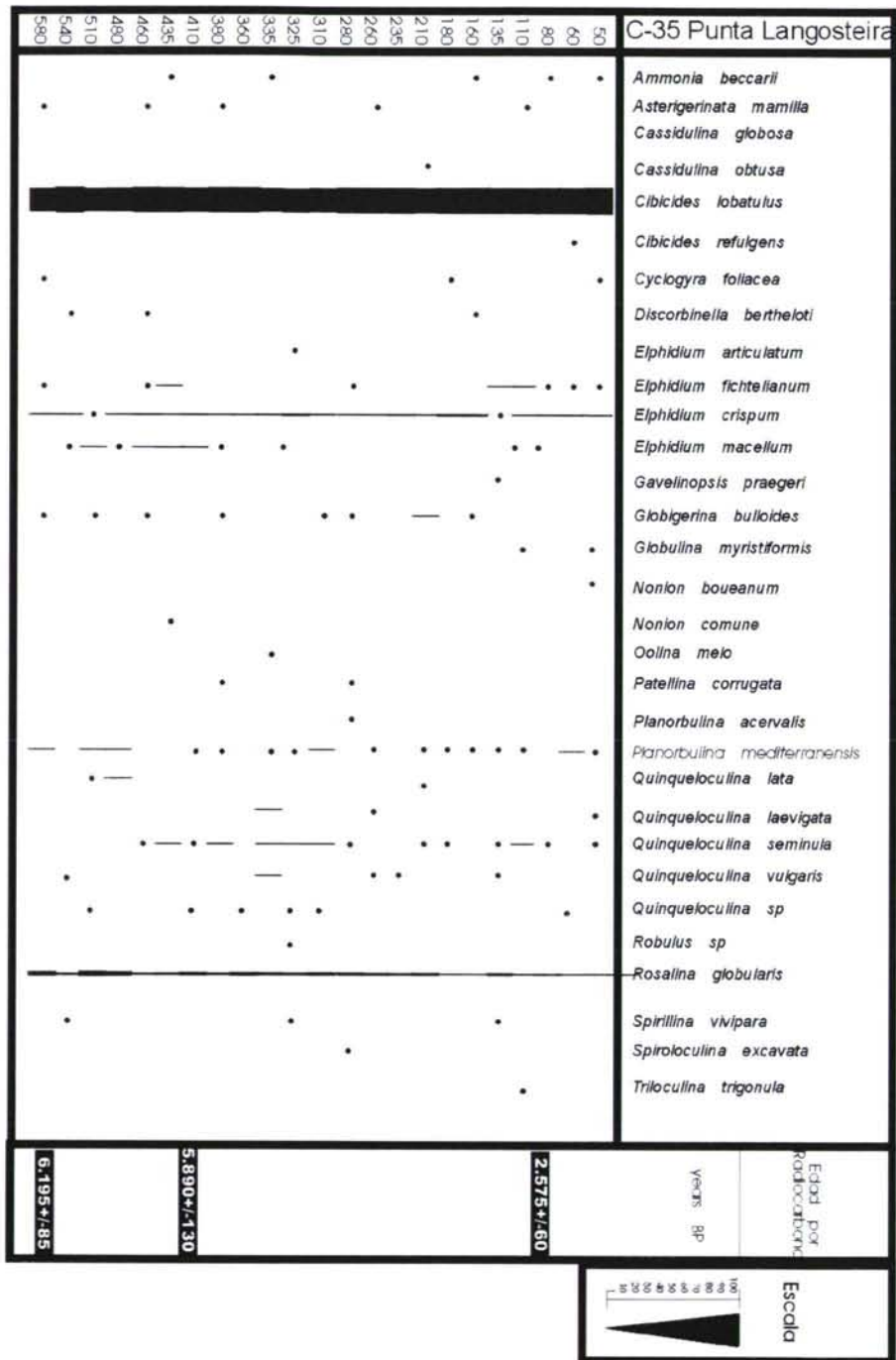


Tabla 5.8. Distribución y abundancia de las especies más importantes de foraminíferos bentónicos a lo largo del sondeo C-35 (Área de Punta Langosteira). (Datos de profundidad en cm)





# Discusión

---

CAPÍTULO



DISCUSIÓN

## VI.- DISCUSIÓN

### VI.1.- DATACIÓN DE LAS SERIES ESTUDIADAS.

#### VI.1.1 Método utilizado.

La abundancia de *Cibicides lobatulus* a lo largo de todos los sondeos ha permitido la datación por AMS radiocarbón utilizando test de esta especie. Así se ha podido reconstruir con gran fidelidad la cronología de la variación del nivel del mar en los, aproximadamente, 15.000 años representados en la secuencia estudiada. La gran coherencia entre las numerosas dataciones realizadas avala la generalización de los datos obtenidos a toda la costa gallega y cantábrica. La existencia de inversiones en alguna de las dataciones realizadas en este trabajo, (ver Sondeo VC 6), si bien no demasiado importantes, puede introducir alguna duda sobre la validez de la cronología del proceso estudiado aquí. En casos similares otros autores, (CEARRETA Y MURRAY 2000), mencionan también anomalías de este tipo, (ambientes de boca de ría, como en nuestro caso), aunque les restan importancia cuando son de escasa magnitud como las detectadas aquí.

En este apartado se presentan los resultados de las dataciones de radiocarbono de los sondeos correspondientes al Golfo Ártabro: Rías de Coruña, Betanzos, Ares y Ferrol, (Fig. 2.1), así como de las ensenadas de Riaza, Punta Langosteira y Doniños, y criterios en los que se apoya la estimación de edad de cada uno de los intervalos de la secuencia definida en este trabajo.

Las dataciones absolutas del Lagoon de Seselle se han realizado en el Laboratorio de Isótopos Ambientais (referencia ICEN), de Sacávem (Portugal). Las demás lo fueron en el Tandem laboratoriet (referencia UA), de la Universidad de Uppsala (Suecia), por la técnica de AMS, (espectrometría de masas por acelerador).

En la Tabla 6.1 se presentan los resultados de las dataciones obtenidas en cada uno de los sondeos estudiados además de las correspondientes a otros yacimientos de la zona mencionados en este trabajo, (Porta Real, Seselle, Doniños Lagoon), (ver Anexos Mapas y Fig 6-5, y 6-6 para su localización).

#### VI.1.2. Calibración.



Siguiendo las reglas de nomenclatura aprobadas en la 12ª Conferencia Internacional sobre el Radiocarbono, las dataciones se expresan siempre en años BP (before present), acompañadas por la referencia del laboratorio donde se efectuaron. Cuando los sedimentos son posteriores a los 7.000 años  $^{14}\text{C}$  B.P., debe hacerse la calibración de las mismas (BARTLEIN *et al.* 1995; OLSSON 1986). En esos casos, las edades calibradas deben de ir acompañadas de los símbolos cal BC, cal AD o cal BP, según el caso, e indicar siempre la curva de calibración utilizada. En este trabajo las edades radiocarbono se calibraron usando el programa CALIB 3.0 (STUIVER y REIMER 1993).

Son.	Prof.son(m)	mat.	Ref.Lab.	Edad años	Edad cal.años B.C.	Edad2sig.+AD7-BC	delta13
PR	0,50	C	Ua-11110	4135±80	2235	-2454/ -2043	1,09
C-52	0,20	F	Ua-13209	2400±60	71	-224/ +76	-0,45
C-52	0,40	F	Ua-13210	2275±75	74	-109 / +249	-2,14
C-52	0,60	F	Ua-11985	2655±55	380	-539/ -223	-1,11
C-52	0,95	F	Ua-11986	2705±60	403	-670 / -339	-0,81
C-52	5,35	F	Ua-11987	8275±80	-----	-----	-----
C-52	5,60	F	Ua-13211	8300±80	-----	-----	-----
C-35	5,80	F	Ua-13212	6195±85	6892	-4858/ -4480	-0,45
C-42	2,10	F	Ua-13201	9055±120	-----	-----	-----
C-49	0,20	F	Ua-13202	3310±70	1209	-1376/ -1007	-1,82
C-49	1,40	F	Ua-13203	4340±75	2494	-2747/-2301	-1,92
C-49	2,05	F	Ua-13204	5455±75	3907	-4023/-3701	-1,28
C-49	2,80	F	Ua-13205	7625±85	-----	-----	-----
C-49	3,40	F	Ua-13206	9815±90	-----	-----	-----
C-49	4,40	F	Ua-13207	9625±115	-----	-----	-----
C-29	0,80	F	Ua-13208	2590±55	344	-224/+82	-0,38
C-29	3,90	F	Ua-12978	13645±160	-----	-----	-----
VC-6	4,40	F	Ua-12979	11670±150	-----	-----	-----
VC-6	4,38	C	Ua-12977	8730±80	-----	-----	-----
VC-6	4,15	F	Ua-11112	12275±95	-----	-----	-----
VC-6	1,64	C	Ua-11111	3375±75	1294	-1446 / -1078	2,09
Se-1	0	M	ICEN-928	3970±50	2483	-2600/ -2351	-27,77
Se-2	0,50	M	ICEN-930	4350±90	3013/3007/2924	-3340/-2703	-28,83
Se-3	0	M	ICEN-929	3450±100	1749	-2030/ -1520	-25,46

Tabla 6.1.- Lista de dataciones  $^{14}\text{C}$  B.P obtenidas. El intervalo de edades calibradas se ha calculado con una probabilidad del 95,4% (2 sigma) C-56, designación de sondeo; Se Seselle, (a (Santos *et al.* 1993); PR, Puerta Real (Mosquera Santé *et alii* 1994), ; M, madera; C, conchas; F, foraminíferos.

No se ha descartado ninguna de las dataciones realizadas, aunque se apreciaron anomalías, (inversión de edades), en algún sondeo (p.e., VC-6). En estos casos el sustrato granítico o ácido en la Cuenca de drenaje del Golfo Ártabro no hace verosímil pensar que se haya producido un problema de envejecimiento de las fechas obtenidas por el efecto "hard water" (OLSSON 1986), lo que nos permite igualmente descartar la posibilidad de con-

taminación de las muestras por carbono inorgánico. Esto también lo confirman los datos de composición de las aguas de rías, (FRAGA RODRIGUEZ 1996), para toda la costa gallega y, en concreto, para el Golfo Ártabro.

### VI.1.3.-Efecto reservorio.

No se conoce ninguna información publicada para el efecto reservorio en la zona estudiada. Según algunos autores, (CEARRETA y MURRAY 2000 citando a (BARD et alii 1987), la edad aparente de las aguas superficiales del Atlántico Norte está en aproximadamente 400 años. En zonas de mezcla de aguas continentales y marinas abiertas, y más si se tratara de cuencas de drenaje de zonas de substrato calcáreo, lo que ya se ha visto que no es nuestro caso, se produciría un envejecimiento de la edad obtenida y las edades resultantes de las determinaciones realizadas serían más antiguas de lo que les corresponde. No se ha introducido por ello ninguna corrección en las dataciones realizadas en nuestro trabajo.

## VI.2.- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL REGISTRO MICROPALAEONTOLOGICO ESTUDIADO.

Las especies reconocidas se asocian, en general, a fondos marinos de poca profundidad aunque con diferencias por tratarse de depósitos de lagoon, de fondos o boca de Ría y zonas de mar abierto. La presencia de ciertas especies, aun en número muy bajo, como las de las Familias Bolivinitidae o Buliminidae reflejan episodios dentro de estos ambientes de profundidad creciente que corresponden a la Transgresión Flandriense. Asimismo conviene señalar que los casos, casi generalizadas a todos los sondeos estudiados, en donde disminuye drásticamente la abundancia de foraminíferos, (aunque nunca dejen de estar presentes), puede corresponder y así se han interpretado en esta Memoria de Tesis Doctoral, como correspondientes a intervalos marinos regresivos. Los valores tan bajos en el número de foraminíferos encontrados, indicarían malas condiciones para el desarrollo y, en especial, para la conservación, de los foraminíferos lo que equivale en ese momento a fondos más someros. En esta Memoria de Tesis Doctoral se han identificado con pulsaciones frías, (glaciares) menores al compararlos con la evolución climática a escala mundial, ya que los episodios glaciares en Galicia habían desaparecido ya en esos momentos.

En concreto, se ha observado en los sondeos correspondientes a la Ría de A Coruña, que esta zonación aparece menos marcada. En ellos el registro microfaunístico es continuo e indica la persistencia de condiciones marinas. Es evidente un aumento de la profundidad en las facies representadas de muro a techo, siendo los foraminíferos en la zona superior del sondeo especies típicamente marinas. Se trata de un típico reflejo de la mayor profundidad del sondeo en este caso.

Se mantiene constante en los diferentes sondeos, el dominio de especies calcáreas, sobre todo del tipo hialino, y porcelanáceas en menor cuantía. La ausencia de especies



aglutinantes que podría justificarse por la escasa profundidad o por las variaciones ecológicas en el medio. La presencia de especies planctónicas, tipo *Globigerina bulloides*, es casi exclusiva de los niveles superiores, lo que una vez más corrobora la subida progresiva del nivel del mar característica desde el final del Pleistoceno hasta la actualidad.

Asimismo constatamos una relación población de foraminíferos-sustrato, y la influencia de este en las características del caparazón. En efecto, sobre fondos con sedimentos de grano fino o heterogéneo, son más numerosos los caparazones de foraminíferos de paredes finas, con pocas cámaras, escasa ornamentación e incluso, a veces con tendencia al enanismo, (es el caso de Ares VC-6). En fondos caracterizados por sedimentos de grano grueso las asociaciones presentan pocos individuos, con caparazones grandes, robustos, provistos de numerosas cámaras y muy bien ornamentados.

Con cierta frecuencia, encontramos ejemplares de *Cibicides lobatulus* con deformaciones, en algunos casos gerónicas, que afectan a la última cámara en individuos adultos, o en otras afectando a varias cámaras en los mismos ejemplares adultos lo que se ha considerado aquí como una característica igualmente gerónica al inferirse una edad avanzada para el espécimen. La misma especie presenta rasgos morfológicos que parecen exclusivos de un ambiente de ría y que consisten en la microperforación múltiple del caparazón por ambos lados, lo que interpretamos como un ecofenotipo, es decir una adaptación a condiciones muy variables como las que concurren en ambientes litorales marginales poco profundos, sobre todo en lo que se refiere al nivel de oxígeno en el agua.

### VI.3.- SITUACIÓN Y CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALIZADAS DE LOS SONDEOS ESTUDIADOS EN EL CONTEXTO DEL GOLFO ÁRTABRO.

#### VI.3.1- ZONACIÓN DE LAS SERIES ESTUDIADA.

Utilizando criterios muy variados como: tipos de asociaciones de foraminíferos, presencia de planctónicos, tipos de caparazón, ausencia de aglutinantes, diferenciación entre microfauna autóctona y alóctona, edades absolutas obtenidas a partir de test de foraminíferos de la misma especie, (*Cibicides lobatulus*), y criterios de facies sedimentarias, se ha realizado una división de las secuencias estudiadas en cuatro zonas, de duración desigual. Estas zonas han sido delimitadas por límites cronológicos aproximados, pero comunes a toda la costa atlántico-cantábrica del NW Peninsular.

##### VI.3.1.1 .-Zona basal (entre 20.000 y 15.000 años B.P.):

Sólo presente en algunos sondeos, (Ares VC-6; Doniños C-29, etc.). Se manifiesta con dos facies sedimentarias diferentes. En Ares VC-6 en forma de un perfil de suelo decapitado desarrollado sobre esquistos. En el C-29, en cambio, se trata de un sedimento marino que ha sido datado en  $13.645 \pm 160$  años B.P., que marcaría el comienzo de la invasión



de la Ría por el mar transgresivo, en el fin del Pleistoceno, (Fig. 6.1). Se sitúa este momento entre el comienzo de la fusión de los hielos en las montañas gallegas, (VIDAL ROMANI et alii 1999) y del resto del Mundo, y el inicio de la sedimentación en las cubetas de sobreexcavación glaciares, (ver Figs. 6.5 y 6.6). Conviene aclarar que la edad mayor de 15.000 años asignada a esta Zona Basal ha sido extrapolada a partir de la datación más antigua obtenida en el Golfo Ártabro y considerando que el cambio detectado en la sedimentación de continental a marino implica una mayor antigüedad.

#### VI.3.1.2.- Zona inferior (entre 15.000 y 8.000 años B.P.):

En ella codominan especies eurihalinas y cosmopolitas, típicas de estuarios y lagos, con reducido número de cada una de ellas y una baja diversidad específica, en consonancia con el grado de *stress* ambiental. Esto se interpreta aquí como una etapa marina transgresiva a la que otros autores, (BUTZER 1967; CEARRETA 1989, 1998), asocian a un nivel marino +3 m (s.a.n.m.).

#### VI.3.1.3.- Zona media (entre 8.000 y 4.000 años B.P.):

Se considera aquí como una época de regresión marina. En ella, al menos cuantitativamente, los foraminíferos son escasos. Los pequeños "hiatos" que se han reconocido, se atribuyen generalmente a erosión, degradación bacteriana, cambios en los factores ecológicos ambientales, (reducción del pH, carencia de alimento, turbidez, etc.), disolución, no deposición. En nuestro caso los hemos atribuido a variaciones en el nivel del mar debidos a cambios climáticos, (posiblemente pequeñas pulsaciones glaciares). En todos los casos se trata, sin embargo, de depósitos marinos como lo prueba la constante presencia de caparazones de foraminíferos además de púas de equinodermos, (erizos principalmente), espículas silíceas de poríferos, y conchas, más o menos fragmentadas de moluscos, bivalvos o gasterópodos. Algunos autores citan para la costa gallega descensos del nivel del mar entre 8 y 10 m por debajo del actual hace 6.000 años, (ALONSO & PAGÉS 2000). Otros por el contrario (EDESIO, 1994), tal vez adaptándose a los datos de HERNÁNDEZ MOLINA et alii 1994), para la costa mediterránea, hablan de un ascenso del nivel del mar hasta hace 6.000 años B.P. con posterior regresión. CEARRETA (1989, 1998) presenta un esquema del nivel del mar que se adapta más al definido por nosotros para el Golfo Ártabro.

#### VI.3.1.4.- Zona superior (4.000 años B.P. a la Actualidad):

Esta zona se corresponde globalmente con una etapa transgresiva que, como en el caso de la Zona Basal comienza con un suelo fosilizado por depósitos marinos, (Seselle, Porta Real). Las asociaciones microfaunísticas vienen marcadas por la dominancia de la especie *Cibicides lobatulus* manteniéndose la diversidad en índices bajos. La microfauna bentónica minoritaria es indicativa del restablecimiento de las condiciones marinas en el Golfo Ártabro. Dentro de esta fase se han descrito en la literatura, (VIDAL ROMANÍ et

alii 2000; LÓPEZ CANCELO comunicación personal), al menos dos pequeñas pulsaciones regresivas de las que sólo una (entre 1.700 y 1.400 años B.P.) aparece representada aquí en uno de los sondeos mencionados en esta memoria: C-42. La otra pulsación regresiva, situada entre 300 y 100 años B.P. sólo ha sido registrada, (LÓPEZ CANCELO comunicación personal), en el interior de la Ría de Ferrol, pero nunca se ha identificado en la serie arenosa estudiada en este trabajo.

A continuación se analizan los resultados obtenidos en cada uno de los sondeos estudiados. Se han agrupado por criterios geográficos y de ambiente ecológico en 6 zonas: Doniños-Laguna, Ferrol-Ría, Ares-Ría, Coruña-Ría, Orzán-Ensenada y Sabón-Punta Langosteira.

#### VI.3.2. Zona de Doniños (A1).(Ver Anexos 2 y 3)

Comprende los sondeos C-22, C-25, C-28, C-29 y C-31.

##### VI.3.2.a. Sondeo C-22, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.

La presencia de foraminíferos en todos los niveles, ocasionalmente acompañados de protoconchas, y púas de erizos y espículas de esponjas de manera constante, parece consistente con un medio marino sujeto a cambios bruscos en los parámetros físico-químicos del medio, (si se tiene en cuenta la escasez generalizada de caparazones de foraminíferos), lo que parece indicar condiciones propias de un ambiente de aguas someras generalizado a todo el sondeo.

##### VI.3.2.b. Sondeo C-25, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.

Los foraminíferos, aunque presentes, son escasísimos, contabilizándose sólo de manera ocasional, tres o cuatro ejemplares de *Cibicides lobatulus* o de *Elphidium crispum*, con restos de conchas, púas de erizos, espículas de esponjas, en todos los niveles, con excepción del nivel inferior, 235 cm, en el que no se encuentra ningún resto biogénico. El conjunto se interpreta como correspondiente a un medio sometido a cambios en las condiciones físico-químicas, características que corresponden a una zona de aguas someras si bien las asociaciones de especies encontradas permiten concretarlo más como un medio marino-salobre de escasa profundidad.

##### VI.3.2.c. Sondeo C-28, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.

En el análisis microfaunístico, se observan pocos foraminíferos, estando las especies dominantes representadas por *Cibicides lobatulus* y *Elphidium crispum*. También se hallan restos de conchas, púas de erizos y espículas de esponjas, que disminuyen drásticamente



en los niveles más profundos del sondeo. Las especies de foraminíferos señaladas indican un medio de condiciones ecológicas sometidas a modificaciones constantes y características de zonas marino-salobres.

#### VI.3.2.d. Sondeo C-29, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro.

Los datos nos revelan la existencia de cuatro zonas distribuidas como sigue:

##### VI.3.2.d.1-Zona basal (entre 440 cm y 410 cm):

Este tramo del sondeo es marino aunque la microfauna, presente pero escasa, indique un ambiente poco profundo. Esta misma etapa ha sido reconocida en otro sondeo realizados en el mismo entorno (Ares VC 6) lo que permite extenderlo a toda el área de trabajo. Marcaría el comienzo de la invasión de la Ría por el mar transgresivo al final del Pleistoceno, (TABOADA et alii 1999). Correspondería a la etapa previa a la formación de la barra que definirá el lagoon representado en la zona siguiente, (390 cm-375 cm). De esta etapa no se dispone de ninguna datación, por ausencia de materiales que datar aunque se asocia a un nivel marino más bajo que incluso (ver Ares VC 6), incluye un nivel basal continental. Podríamos pensar en una fase fría asimilable a la definida para este mismo intervalo final del Pleistoceno (aproximadamente 15.000 años B.P., ver ALLEN et alii 1999; THOUVENY et alii 1994, 2000) y reconocida también en este mismo sector del Atlántico (HERNÁNDEZ MOLINA et alii 1994), si bien las cotas asumidas para el nivel del mar son muy diferentes a las deducidas en esta memoria de Tesis Doctoral. También GRANJA et alii (1996) dan una edad similar para el techo de la Formación Playa de Maceda, (Norte de Portugal).

##### VI.3.2.d.2-Zona inferior (entre 390 cm y 375 cm):

Las condiciones supuestas para estas aguas con una gran dinámica explican la pobreza en foraminíferos indicada en el recuento. En el nivel 390 cm, con el mar más bajo, (lo que explicaría que la mezcla de aguas continentales-marinas se realizase próxima a este punto), las condiciones que aparecen reflejadas por las asociaciones de foraminíferos son las descritas como típicas en zonas de lagoon: poco oxígeno, stress salino y pobreza de bioclastos, (aproximadamente un 90% de arenas), al dominar los aportes eólicos de arena desde la barra así como aguas cálidas. La ornamentación de *Cibicides lobatulus*, indicativa de poco oxígeno sería indicativa de una cierta profundidad aunque no demasiada. La edad de este nivel es de 13.645  $\pm$  160 años B.P.

##### VI.3.2.d. 3- Zona media (375cm a 155 cm):

Las condiciones paleoambientales se mantienen respecto a la zona previa. Se interpreta como una nueva etapa más dinámica en la que debió producirse, por la continuación



de la transgresión, la rotura de la barra y la invasión del lagoon por el mar. En esta primera etapa los aportes sedimentarios producidos por la erosión de la barra dominan sobre los biogénicos explicándose así la escasez de caparzones de foraminíferos.

#### VI.3.2.d. 4- Zona superior (125 cm- 0 cm):

nivel 125 cm:

En conjunto parecen definir un medio donde se restablecen lentamente condiciones marinas es decir con aguas cada vez más profundas. Esto sería compatible con la Transgresión Flandriense.

nivel 110 cm:

Se mantienen las características ya señaladas anteriormente.

nivel 80 cm:

La presencia constante de especies indicadoras de aguas poco profundas, como *Elphidium crispum* y *Rosalina globularis* y *Planorbulina mediterraneensis*, aunque típicas de ambientes marinos señalan las mismas condiciones que en el nivel anterior, con condiciones cada vez más marinas.

nivel 65 cm:

Se mantienen las mismas condiciones que en el caso anterior.

El cambio en las condiciones ambientales es evidente como se puede observar por el incremento en el número de caparzones de foraminíferos contabilizados en todos los niveles seleccionados. Las asociaciones de foraminíferos indican un ambiente marino aunque de escasa profundidad y que refleja una progresión de la transgresión marina.

#### VI.3.2.e. Sondeo C-31, Doniños (Ferrol), Golfo Ártabro

La microfauna permite identificar el depósito como íntegramente marino. La escasa representación de especies puede deberse a las condiciones de vida extremas en este tipo de medios que limitan la expansión cualitativa y cuantitativa de numerosas especies. En todo el sondeo, encontramos microfauna acompañante: púas de erizos, restos de conchas de moluscos y espículas de esponjas.

Las condiciones coinciden aproximadamente con las del último tramo del sondeo anterior (etapa marina de poca profundidad, post lagoon).

#### VI.3.2.e.1. Zona media (280 cm-0 cm.).

nivel 110 cm:

Corresponde a un ambiente de *stress*, marino y escasa profundidad.

nivel 80 cm:

Como en el caso anterior, se trata de un medio de condiciones poco estables: escasa profundidad y grandes cambios en la salinidad, que condiciona la vida de las especies.

#### VI.3.3.- Zona de Ferrol (A2) (Ver Anexos 2 y 3)

Comprende únicamente el Sondeo C-52.

##### VI.3.3.a.Sondeo C-52, Ría de Ferrol, Golfo Ártabro.

Se diferencian en él claramente tres zonas:

##### VI.3.3.a.1- Zona inferior (585 cm-535 cm):

nivel 580 cm:

La microfauna estudiada es indicativa de aguas con un importante grado de *stress* salino (mezcla de agua dulce y salada). La profundidad es escasa (0-50 m). La edad de este nivel es de 8.180 +/-80 años B.P. Todos estos datos nos sugieren un ambiente parálisis, íntimamente asociado a estuarios, lo que es congruente con su situación en la boca de la Ría de Ferrol donde desembocaba una importante masa de agua dulce. Este nivel corresponde con la última fase de la etapa marina transgresiva reconocida en toda la costa cantábrica por otros autores, (CEARRETA 1993,1998).

nivel 560 cm:

La edad de este nivel es de 8.300  $\pm$  85 años B.P. Las condiciones deducidas a partir de las asociaciones de test encontradas son similares a las del nivel anteriormente descrito, por lo que pueden encuadrarse un ambiente parállico, íntimamente asociado a zonas de estuario. A pesar de la pequeña inversión en la edad de este nivel respecto al nivel posterior las diferencias no son importantes, (quedarían dentro del margen de error), y tanto la edad obtenida como el ambiente definido por la asociación de foraminíferos indica que nos encontramos aún en la etapa marina transgresiva.

nivel 535 cm:

La edad de este nivel es de 8.275  $\pm$  80 años B.P. Las condiciones ecológicas reinantes en el medio, cada vez más claras pueden encuadrarse un ambiente parállico, íntimamente asociado a estuarios. A pesar de la pequeña inversión en la edad de este nivel las diferencias no son importantes y tanto la edad obtenida como el ambiente definido por la asociación de foraminíferos indica que nos encontramos aún en la etapa marina transgresiva.

VI.3.3.a.2- Zona media: (entre 525 cm y 120 cm).

Destaca por la escasez de caparzones de foraminíferos (test) en más de 4 metros del sondeo. Dado que la zona inferior correspondía al final de la primera etapa transgresiva marina holocena, esta zona (ver más abajo), se corresponde al episodio regresivo holoceno intermedio definido en toda la costa cantábrica por otros autores, (CEARRETA 1993 1998; VIDAL ROMANÍ et alii 2000). La menor profundidad de las aguas implicaría una dinámica más agresiva señalando un hábitat no demasiado favorable a los foraminíferos explicándose así su escasez en este tramo del sondeo. Esta etapa transgresiva ya había sido descrita con anterioridad para la misma zona, (MOSQUERA SANTÉ et. alii 1994; SANTOS et alii 1993) y también es compatible con la tendencia evolutiva general para el nivel del mar en toda la costa cantábrica española, (CEARRETA 1993,1998; GONZÁLEZ AMUCHÁSTEGUI 2000).

VI.3.3.a.3- Zona superior (entre 95 cm y 20 cm)

nivel 95 cm:

La edad de este nivel es de 2.705  $\pm$  60 años B.P. Se identifica con el comienzo de la última transgresión marina holocena, (SANTOS et alii 1993; CEARRETA 1993,1998; GONZÁLEZ AMUCHÁSTEGUI 2000).

nivel 80 cm:



Parece tratarse de una vuelta a las condiciones de la Zona inferior. Sin embargo la microfauna acompañante es más variada, por lo que las condiciones físicas del medio son más estables.

nivel 60 cm:

Se pone de manifiesto el dominio de las condiciones marinas consistente con un nivel marino cada vez más próximo al actual. La edad de este nivel es de 2.655 +/- 55 años B.P.

nivel 40 cm:

La microfauna indica que se trata de un ambiente marino. La edad de este nivel es de 2.275 +/- 75 años B.P.

nivel 20 cm:

La edad de este nivel es de 2.400 +/- 60 años B.P.

A pesar de la pequeña inversión en la edad de este nivel las diferencias no son importantes y tanto la edad obtenida como el ambiente definido por la asociación de foraminíferos indica que nos encontramos aún en la etapa marina transgresiva.

VI.3.4.- Zona de Ares (B). (Ver Anexos 2 y 3).

Comprende un único sondeo Ares VC-6.

VI.3.4.a. Sondeo Ares VC- 6, Ría De Ares, Golfo Ártabro

Se han distinguido en el 4 zonas:

VI.3.4.a. 1-Zona basal (entre 530 cm y 455 cm).

Este tramo del sondeo es azoico. Su naturaleza arcillosa, así como los restos de estructura rocosa (esquisto), distinguibles en él permiten que lo identifiquemos como parte del perfil de alteración de la roca, por tanto correspondiente a una etapa continental subedáfica. Esta misma etapa continental ha sido reconocida en otros sondeos realizados en el mismo entorno (Laguna de Doniños, VIDAL ROMANÍ et alii 2000) y situado a la misma profundidad que este nivel (-20 m), lo que hace presumir que se trate de un

episodio generalizado a toda el área que marcaría el comienzo de la invasión de la Ría por el mar transgresivo al final del Pleistoceno, (TABOADA et alii 1999). Para esta etapa de la que no se dispone de ninguna datación pero que se asocia al nivel marino más bajo reconocido en toda la zona, podríamos pensar en una fase fría asimilable a la definida para este mismo intervalo final del Pleistoceno, aproximadamente 15.000 años B.P., (ver ALLEN et alii 1999; THOUVENY et alii 1994, 2000) y reconocida ampliamente en este mismo sector del Atlántico. Correspondería igualmente con el techo de la Formación Playa de Maceda, (Norte de Portugal), (GRANJA et alii 1996).

#### VI.3.4.a.2-Zona inferior (entre 440 cm y 402 cm):

De todos los niveles correspondientes a esta zona tan sólo han proporcionado microfauna de foraminíferos 440 cm, 435 cm y 415 cm, siendo el resto niveles marinos pero con un número insuficiente de caparazones como para realizar el análisis de facies.

##### nivel 440 cm:

Los datos de microfauna parecen corresponder a una fase de la etapa marina transgresiva. La edad de este nivel es de 11.670+/-150 años B.P. Sería equiparable, como ya antes se dijo, por criterios cronológicos, con el techo de la Formación Playa de Maceda, (GRANJA et alii 1996; GRANJA & DE GROOT 1996).

##### nivel 435 cm:

Se mantienen las características señaladas anteriormente, siendo el ambiente claramente litoral marino aunque con influencia directa continental o de aguas someras. Continúa por tanto la etapa marina transgresiva aunque con un nivel del mar más bajo que el actual.

##### nivel 415 cm:

La edad de este nivel es de 12.275+/-95 años B.P. A pesar de la pequeña inversión en la edad de este nivel las diferencias no son importantes y tanto la edad obtenida como el ambiente definido por la asociación de foraminíferos indica que nos encontramos aún en la etapa marina transgresiva. Sería equiparable, como ya antes se dijo, por criterios cronológicos, con el techo de la Formación Playa de Maceda, (GRANJA et alii 1996, GRANJA & DE GROOT 1996).

#### VI.3.4.a.3-Zona media (entre 410 cm y 140 cm):

Dado que la zona inferior se corresponde con una etapa transgresiva marina holo-

cena, la zona media puede correlacionarse con episodio regresivo holoceno intermedio definido por otros autores en toda la costa cantábrica, (CEARRETA 1993,1998; GONZÁLEZ AMUCHÁSTEGUI 2000). La menor profundidad de las aguas implicaría una dinámica más agresiva señalándose de esta manera un hábitat poco favorable para los foraminíferos lo explicaría su escasez en este tramo del sondeo. El cambio en el tipo de sedimento (clastos, micas y cuarzo fino) entre los niveles 370 cm y 340 cm., que pasa a ser arenoso claro y conchífero, hasta el nivel 140 cm., donde se convierte en un sedimento muy fino micáceo de tonos grises puede estar asociado a la disminución de la profundidad de las aguas y los cambios en la dinámica acuática implicados en ello.

#### VI.3.4.a.4-Zona superior (entre 125 cm y 20 cm).

Se han distinguido tres subzonas en base a criterios sedimentarios *de visu*:

Subzona 1 (nivel 125 cm): sobre un sedimento de barros finos con numerosos ejemplares de foraminíferos.

Subzona 2 (niveles 105 a 35 cm): siendo el nivel 105 cm arenoso conchífero mientras los niveles 80 a 60 y 35 cm son limosos. Los foraminíferos son siempre muy escasos.

Subzona 3 (nivel 20 cm): caracterizada como arenas de grano fino, con cuarzo, mica y bioclastos, y presencia abundante de foraminíferos.

La tendencia general de la zona superior, claramente marina transgresiva se refleja en las asociaciones de foraminíferos de facies de aguas cada vez más profundas. Se correlacionaría con la segunda y última etapa transgresiva marina (aproximadamente entre 4.000 años B.P. y la actualidad), reconocida en todos los sondeos estudiados en esta Memoria de Tesis Doctoral. El episodio representado por la subzona 2, claramente regresivo, podría asociarse, (LÓPEZ CANELO comunicación personal), con una breve pulsación glacial (aproximadamente 1.200 años B.P.), detectada también en la Laguna de Doniños (VIDAL ROMANÍ et alii 2000).

#### VI.3.5. Zona de Coruña (D). (ver Anexos 2 y 3)

Comprende los sondeos C-49, C-60 y Puerta Real.

##### VI.3.5. a. Sondeo C-49, Ría de A Coruña, Golfo Ártabro

La totalidad del sondeo es de carácter marino aunque cabe señalar las anomalías presentadas por las abundancias de foraminíferos en los siguientes intervalos: entre 340 cm y 420 cm, entre 320 y 280 cm, entre 260 cm y 205 cm, entre 180 cm y 140 cm y entre



130 cm y 30 cm. Puede establecerse una secuencia de acontecimientos que se adaptan bastante bien a la evolución del nivel del mar generalizable a toda la zona. Corresponden a las dos etapas marinas transgresivas representadas hasta ahora en todos los sondeos estudiados en la zona de trabajo. Por lo que se refiere a la anomalía entre 420 cm y 340 cm podría entenderse como justificada por circunstancias locales en esta zona de la Ría aunque lo más seguro es que corresponde a una pequeña pulsación fría del inicio del Holoceno (ALLEN et alii 1999). A su vez la detectada entre 130 y 30 cm, por su situación en el sondeo y la cronología inferida (posterior a 5.455  $\pm$  75 años B.P.) también podría asociarse, al menos en parte, a la pequeña pulsación glaciár (datada aproximadamente en 1.200 años B.P.), (GROVE 1988), y que además ha sido también reconocida en el registro sedimentario de la Ría de Ferrol (LÓPEZ CANCELO comunicación personal), y en el de la Laguna de Doniños (VIDAL ROMANÍ et alii 2000).

#### VI.3.5. b. Sondeo C-60, A Coruña, Golfo Ártabro.

El sondeo es marino en su totalidad. No se planteó inicialmente realizar dataciones en este sondeo por su proximidad a otros bien definidos. Para situarlo dentro de la historia evolutiva del nivel del mar en la zona de trabajo se ha procedido a su correlación utilizando únicamente criterios exclusivamente faunísticos (biozona). De acuerdo con ello estaría representado en el sondeo C-60 parte de la llamada Zona media, (tramo 575 cm a 440 cm), que hemos definido como marina regresiva en los otros sondeos estudiados, y que cronológicamente se sitúa entre 8.000 y 4.000 años B.P.

También se reconoce en el sondeo, utilizando idénticos criterios, la Zona superior, (tramo 450 cm hasta el final) que se corresponde con el último tramo marino transgresivo y que puede situarse aproximadamente entre 4.000 años B.P. y la actualidad. Las peculiaridades que presenta, sin lugar a dudas este sondeo, (esencialmente su gran uniformidad), se deben a su situación en la parte externa de la Ría, así coincidiendo con una zona, siempre con fondos marinos de gran profundidad, lo que ha debido conferirle, sin lugar a dudas, ese carácter marino tan evidente manifestado en todo el registro.

Desde el punto de vista granulométrico existe una variación en el tamaño de grano de los sedimentos que varían arenas de tamaño de grano medio, en la base del sondeo, a arenas finas, situadas en niveles superiores confirmándose así también por este criterio el incremento de la profundidad a medida que progresa la última transgresión marina. La microfauna presente es la típica de ambientes marinos.

#### VI.3.5.c. Sondeo P.R. (Puerta Real), A Coruña, Golfo Ártabro.

Tanto los datos faunísticos como la datación realizada se ajustan perfectamente a la etapa final, (marina transgresiva), presente en todos los sondeos estudiados. La edad determinada en el nivel 50 cm es de 4.135  $\pm$  80 años B.P.

La mezcla de especies infralitorales con otras formas epineríticas, corresponde a un hábitat terrígeno-costero, de salinidad variable y en comunicación continua con el mar.

#### VI.3.6. Zona de Orzán (C).(Ver Anexos 2 y 3).

Esta zona incluye sólo el Sondeo C-42.

##### VI.3.6.a. Sondeo C-42 Orzán (A Coruña), Golfo Ártabro.

Distinguimos en él 4 zonas que de abajo arriba quedan determinadas por las siguientes profundidades.

##### VI.3.6.a.1- Zona basal (entre 435 cm y 335 cm).

Correspondería a la parte más antigua de todos los sondeos estudiados no siempre presente. Para esta etapa de la que no se dispone de ninguna datación pero que se asocia a un nivel marino más bajo que incluso (ver Ares VC-6), se puede asociar a depósitos continentales, podríamos pensar en una correspondencia con una fase fría asimilable a la definida para este mismo intervalo final del Pleistoceno (aproximadamente 15.000 años B.P., ver ALLEN et alii 1999; THOUVENY et alii 1994, 2000) y reconocida ampliamente en este mismo sector del Atlántico. Sería equiparable, por criterios cronológicos, con el techo de la Formación Playa de Maceda, (GRANJA et alii 1996; GRANJA & DE GROOT 1996).

##### VI.3.6.a.2- Zona inferior (entre 310 cm y 210 cm).

En esta etapa que se corresponde aproximadamente con la primera transgresión marina holocena el nivel del mar, según algunos autores, debió incluso subir hasta +3 m, (por encima de su nivel actual), en otras zonas de la costa cantábrica (CEARRETA 1993; GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI 2000) e incluso gallega (LÓPEZ CANCELO comunicación personal). En todos los niveles estudiados en esta zona los rasgos comunes son: baja diversidad, abundancia de caparzones de foraminíferos, lo que permiten caracterizar perfectamente el medio como litoral, próximo a la costa y de baja profundidad. La edad del nivel 210 cm es de 9.055 $\pm$ 120 años B.P.

##### VI.3.6.a.3- Zona media (entre 180 cm y 135 cm).

Los escasos caparzones de foraminíferos encontrados permiten identificar este

tramo como marino aunque correspondiente a la etapa marina regresiva, común a todos los sondeos estudiados. Por analogía con las biozonas definidas en los otros sondeos debe estar entre 8.000 y 4.000 años antes de ahora.

#### VI.3.6.a.4- Zona superior (entre 135 cm y 60 cm):

El medio definido por las asociaciones de foraminíferos es litoral, próximo a la costa y de baja profundidad. Por analogía con otros casos datados debe estar entre los 4.000 años antes de ahora y el momento actual. Es de destacar la existencia de un pequeño hiato en el nivel 80 cm donde el número insuficiente de caparazones de foraminíferos vuelve a indicar condiciones marinas regresivas que apuntan hacia una pequeña fase fría también representada en otros sondeos así como en el interior de la Ría de Ferrol (LÓPEZ CANCELO comunicación personal) y en la laguna de Doniños (VIDAL ROMANÍ et alii 2000), entre 1.700 y 1.400 años B.P.

#### VI.3.7. Zona de Sabón-Punta Langosteira (E) (Ver Anexos 2 y 3).

Esta zona está representada por un único sondeo, el C-35.

##### VI.3.7. a. Sondeo C-35, Punta Langosteira, (A Coruña), Golfo Ártabro.

Se han realizado 3 dataciones en este sondeo lo que nos permiten situarlo entre la segunda mitad de la etapa regresiva intermedia (8.000 a 4.000 años B.P.) y el momento actual. Su característica más acusada, según el análisis microfaunístico, es la homogeneidad siendo muy difícil reconocer los cambios producidos en el nivel del mar a lo largo del intervalo representado por el sondeo. Esto se explica si se analiza la situación del mismo en un tramo de costa abierto, alejado de cualquier desembocadura de aguas continentales de importancia y en una zona de profundidad intermedia. Las asociaciones de foraminíferos encontradas, aunque suficientes en número tienen ecológicamente poco significado. En cualquier caso el conjunto determina la persistencia de condiciones marinas en todo el sondeo.

nivel 580 cm:

Este nivel ha sido datado en 6.195  $\pm$  85 años B. P.

nivel 410 cm:

Este nivel ha sido datado en 5.890  $\pm$  130 años B.P.



nivel 80 cm:

Este nivel ha sido datado en 2.575 +/- 60 años B.P.

#### VI.4.- EVOLUCIÓN DEL NIVEL DEL MAR EN LA COSTA NORTE DE GALICIA (GOLFO ÁRTABRO) DURANTE LOS ÚLTIMOS 20.000-15.000 AÑOS.

Los sondeos a partir de los que se ha establecido la zonación descrita en esta Tesis se sitúan ahora por debajo del mar, aunque a diferentes profundidades, (Fig. 6.4). Tienen todos distinta longitud, en función de las circunstancias que concurrieron durante la realización del sondeo en cada caso. Corresponden también a diferentes ambientes sedimentarios, con características, (tasa de sedimentación, profundidad, dinámica marina, etc), muy diferentes, aun siendo todos ellos de origen marino. Sin embargo, a pesar de las diferencias notadas ha sido posible realizar una buena correlación entre ellos, únicamente considerando la caracterización de las asociaciones de foraminíferos reconocidas apoyada por dataciones (radiocarbono AMS). Para seleccionar los diferentes niveles a datar en cada caso se eligieron las secuencias más completas y/o las más representativas. Un punto importante a resolver ha sido la correlación con las zonas geográficas inmediatas, (Portugal Norte y Costa cantábrica), lo que ha planteado problemas adicionales por distintas circunstancias. En efecto, la información disponible es muy diversa en el contenido y la fiabilidad de los datos aportados: se mencionan muchas veces edades sin que exista una base real, (dataciones radiocronológicas, datos paleontológicos, etc.), para justificarlas. La única argumentación presentada es, en ocasiones, la correlación con depósitos mejor conocidos, que se supone bien datados y referenciados, con lo que se difieren las objeciones de lo inmediato a lo lejano. La tarea de discriminar en la literatura existente los datos reales de los supuestos es a veces agotadora en cuanto a que requiere el análisis de información, en principio ajena a este trabajo, (aunque relacionada con él a través de referencias). En nuestro caso, salvo los trabajos realizados por la Universidad de Bilbao (CEARRETA 1988, 1989, 1993, 1998; CEARRETA & MURRAY 2000) y la Universidade do Minho, (Braga, Portugal), (De GROOT & GRANJA 1998; GRANJA 1993, 1999; GRANJA & DE GROOT 1996; GRANJA et alii 1996, 1999), no se habían publicado hasta la fecha estudios que presentasen un registro de un intervalo de tiempo tan prolongado como el presentado aquí. Las secuencias del Golfo Ártabro estudiadas presentan una gran continuidad y son, en lo que a Galicia se refiere, sólo comparables, en duración, a las conocidas en las zonas de alta montaña de Galicia en las cubetas de sobre excavación glaciaria (VIDAL ROMANI et alii 1999). En otros trabajos referidos a la costa gallega donde se mencionan secuencias de cierta continuidad, o son más cortas, (DIZ et alii 2000), o (MARTÍNEZ GRAÑA et alii 2000) corresponden a trabajos sin datos micropaleontológicos o sedimentarios ni cronología absoluta. En algún otro caso, (ALONSO & PAGÉS 2000), las series estudiadas aun siendo más antiguas corresponden a depósitos de vertiente, discontinuos con una sedimentación obliterada por deslizamientos que alteraron la estratigrafía original, falseando la cronología relativa, haciendo así ininteligibles los datos absolutos cuando existen. Además, estas series han proporcionado hasta ahora escasa información sobre el medio (ver ALONSO & PAGÉS 2000), y aun existiendo datos, (p.ej., de polen), se han visto afectados por procesos de bioturbación modernos, (excavaciones realizadas por abe-



jas, (SCOURSE comunicación personal) que han falseado el espectro polínico inicial.

De las cuatro etapas, descritas en esta Tesis Doctoral, para el Golfo Ártabro, la primera, llamada Zona Basal, se ha identificado como marina transgresiva. Convencionalmente hemos puesto su inicio 20.000 años antes de ahora. Esta es la fecha aproximada en la que se ha observado que comienzan los procesos de ablación glaciaria en las montañas gallegas que se prolongan hasta 15.000 años antes de ahora, donde aun persistiendo pequeñas masas de hielo muerto, se había llegado entonces al final de la deglaciación. El nivel del mar en esta primera etapa aunque estaría más bajo que en el momento actual, aunque comenzaba su recuperación, (LEIRA 2000), de modo que, al final de la Zona Basal, aproximadamente hace 15.000 años, se puede iniciar la sedimentación en las cubetas de sobre excavación glaciaria que más pronto se liberan de los hielos glaciares, (Laguna Grande, SANTOS 1996), (Fig. 6.5 y 6.6). También en esta etapa quedan al descubierto las superficies de pulido glaciaria en Serra de Queixa y Serra da Peneda-Gêrez, (VIDAL ROMANÍ et alii 1999), hasta entonces ocultas bajo los hielos glaciares. Y el hecho de que nunca vuelvan a verse cubiertas por el hielo como que no se produzca interrupción en la sedimentación de las cubetas glaciares de sobreexcavación confirma que esta etapa es la que corresponde a la deglaciación última en nuestra zona. Todo esto nos hace replantear el término marino regresivo para calificar la Zona Basal que debe ser matizado convenientemente: el nivel del mar estaba más bajo que en el momento actual pero, obviamente, estaba comenzando a subir hacia las cotas actuales.

Otro punto a considerar es la altura del estacionamiento del nivel del mar durante la primera etapa. Las curvas disponibles hasta el momento indican posiciones muy diversas para el nivel del mar, (Fig. 6.2 y 6.3). Los datos para la costa española, (HERNÁNDEZ MOLINA et alii 1994; ZAZO et alii 1996, Fig. 6.2), postulan una posición, incluso para la costa gallega con valores entre -140m y -100m. Este dato no concuerda con el citado por otros investigadores, (RODRIGUES et alii 1991), para la costa portuguesa, (Fig. 6.3), entre -120 m y -100 m. En ambos casos la información suministrada no parece demasiado coherente con los datos conocidos de las zonas glaciares gallego-portuguesas, extensibles al resto de la cadena catábrica, (VIDAL ROMANÍ et alii 1999), que confirman una situación para las masas glaciares muy al final de su regresión, (Fig. 6.5 y 6.6). Además, el suelo decapitado identificado en la base del sondeo VC 6, y situado a la cota de -20m con respecto al mar actual parece confirmar como excesivamente bajas las previsiones para el nivel del mar antes anotadas. La datación realizada para este suelo que se incluye en este trabajo, (un poco más antigua que de 12.275 +/- 95 años B.P.), y la cota del nivel del mar en ese momento exigirían, de cumplirse las previsiones de los trabajos citados, (HERNANDEZ MOLINA et alii 1994; ZAZO et alii 1996; RODRIGUES et alii 1991), una subida del nivel del mar global entre 100 y 80 m en un plazo de tiempo de unos 1.000 años, (aproximadamente 0,1m/año), lo que nos parece excesivo. En cualquier caso los datos correspondientes a la costa portuguesa, (RODRIGUES et alii 1991), se aproximan más a los deducidos en el Golfo Ártabro que los correspondientes a la costa mediterránea y extendidos a la gallega, (HERNANDEZ MOLINA et alii 1994). Según otros autores, (ALONSO & PAGÉS 2000) esta etapa se correspondería con la definida a partir de depósitos de vertiente costeros, como la 3ª Etapa o "Pleniglacial", y a la que aso-



cian la Formación Conglomerados y Arenas de Moreiras, (situada entre 25.000 y 15.000 años antes de ahora). Aunque estos autores la hagan corresponder, erróneamente, con la época de máximo frío interpretando los sedimentos que la caracterizan ora como torrenciales ora como de gelifracción. En primer lugar y de acuerdo con los datos existentes sobre los sistemas glaciares gallegos, aplicables a todo el Cantábrico y Pirineos la etapa aludida como "Pleniglacial" es una fase fría dentro del Pleistoceno, (aunque indudablemente no la más fría, VIDAL ROMANÍ & FERNÁNDEZ MOSQUERA 1999) siendo aconsejable eludir la terminología de Pleniglacial, por lo confuso del término, para referirse a ella. Por otra parte la Formación Conglomerados y Arenas de Moreiras descrita en el dominio continental, (ALONSO & PAGÉS 2000), sólo aparece representada en parte a muro de la serie marina en dos de los sondeos: Doniños C-29 y Ares VC-6, en su Zona Basal y en el techo de la Formación Playa de Maceda (GRANJA et alii 1996). La situación del nivel del mar en ese momento no debía estar muy alejada de la boca del Golfo Ártabro. En Ares VC-6, la base continental de la secuencia, datada en 12.275  $\pm$  95 años B.P., es un suelo sobre esquistos fosilizado por sedimentos marinos, aunque con una facies de aguas someras. En Doniños C-29, la base de la serie, también con facies de aguas someras, datado en 13.645  $\pm$  160 años B.P., indica una situación de la línea de costa muy próxima a la ubicación del sondeo. Los datos conocidos para las zonas de montaña de Galicia indican que los sistemas glaciares gallegos al final de esta etapa se hallaban en un estado avanzado de ablación (VIDAL ROMANÍ et alii 1999; VIDAL ROMANÍ & FERNÁNDEZ MOSQUERA 1999). Por todo ello, podemos asegurar que a este nivel, (situado aproximadamente a -30 m por debajo del nivel actual del mar), le corresponde unas estimaciones de edad de 15.000 años B.P., situándose al final de la última etapa glacial (estadío isotópico 2 entre 28.000 y 13.000 años antes de ahora).

Todo este tramo de la costa atlántica se sitúa en un dominio para el que se han citado anomalías tectónicas durante el Cenozoico, (MARQUÍNEZ 1992). Existen algunas referencias de actividad neotectónica publicadas por algunos autores para Galicia, (PAZOS et alii 1994; MARTÍNEZ GRAÑA et alii 2000), pero lo cierto es que, hasta el momento, no se conoce ningún dato fiable y contrastado sobre esta posible actividad neotectónica en Galicia. Es bien cierto que la situación del nivel del mar en la etapa llamada Zona Basal, anormalmente alto respecto a los datos regionales y los de zonas limítrofes podría justificarse como una prueba de anomalías tectónicas.

La segunda etapa o zona inferior, definida en esta Tesis Doctoral, (entre 15.000 y 8.000 años B.P.), es ya claramente marina transgresiva en el interior del Golfo Ártabro. Esta fase es reconocible no sólo en la costa gallega sino en la costa Cantábrica y es por ello por lo que se le da un valor regional. Su carácter transgresivo queda perfectamente confirmado por los sondeos del Golfo Ártabro, donde los sedimentos marinos fosilizan suelos, (Ver sondeo VC-6), de origen continental. La profundidad a la que se sitúan estos suelos, (-20 m por debajo del nivel actual del mar), proporciona el dato más antiguo en la zona para la paleobatimetría del área durante el Cuaternario superior. Nuevamente los datos genéricos aportados por algunos autores para la costa atlántica portuguesa, (RODRIGUES et alii 1991; HERNÁNDEZ MOLINA et alii 1993), sitúan el nivel del mar muy por debajo del valor deducido en este trabajo para el Golfo Ártabro. En cualquier caso, el valor



deducido por los investigadores portugueses, (RODRIGUES et alii 1991), aproximadamente -40 m, es concordante con el deducido por nosotros, aunque se separe del aportado por otros investigadores españoles, (HERNÁNDEZ MOLINA et alii 1994). En esta etapa transgresiva el nivel del mar, (HERNÁNDEZ MOLINA et alii 1994; CEARRETA 1993, 1998; GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI 2000; RIVAS 1998; ZAZO et alii 1996), llega a alcanzar un nivel superior al actual, (+3 m), dato que hasta el momento no ha sido confirmado ni en la costa gallega ni en la costa portuguesa (RODRIGUES et alii 1991). Algunos autores, (CARABALLO MUZIOTTI 1969; TEVES RIVAS 1964 a y b), sitúan el límite máximo de esta transgresión entre +2 y +6 m, si bien no se basan en ningún dato sedimentario, micropaleontológico o radiocronológico contrastado. En el Golfo Ártabro con todas las series estudiadas exclusivamente marinas sumergidas, es lógico que hasta el día de hoy y al límite de nuestro conocimiento no exista ningún dato que pruebe que el nivel del mar se situó a cotas como las indicadas aunque así hubiera sido.

La tercera etapa o zona media, (entre 8.000 y 4.000 años B.P.), corresponde globalmente a una fase regresiva. Sin embargo, en todos los sondeos estudiados en el Golfo Ártabro los niveles correspondientes a este intervalo de tiempo tienen carácter marino. Este dato negativo sin embargo si parece indicar que el nivel del mar nunca volvió a descender por debajo de la cota más somera de los depósitos de la tercera etapa, (-19 m aproximadamente en Ares VC-6 que es el sondeo más somero). Al final de esta etapa debe comenzar el proceso de acreción eólica de la base de las playas barrera de Traba y Barrañán, (DEVOY et alii 1996), Area Maior (Louro) y Doniños, (VIDAL ROMANÍ et alii 2000). En la Costa Vasca esta etapa correspondería a la formación de las dunas de Zarauz, Bidasoa y Gorliz, (GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI 2000).

La cuarta etapa o zona superior, (entre 4.000 años B.P. y la actualidad) es nuevamente transgresiva. En el Golfo Ártabro, Playa de Seselle se puede situar prácticamente el comienzo de esta transgresión. En el registro sedimentario correspondiente se puede ver (SANTOS & VIDAL 1993), la rotura e invasión de un sistema de lagoon, entonces en la boca de la Ría de Ares y de cuya playa barrera aún se conservan restos sumergidos en la actualidad, (SANTOS & VIDAL ROMANÍ 1993; SANTOS et alii 1993). En Porta Real, (MOSQUERA et alii 1994), también en el Golfo Ártabro se ha estudiado un depósito marino correspondiente a esta misma etapa transgresiva. El episodio de Porta Real, marino, (datado su comienzo en 4.135 +/- 80 años B.P.) es el complementario del representado en de Seselle, lagunar costero, (entre 4.350 años y 3.950 años B.P.). El nivel del mar entonces se situaría unos -2 a -6 metros por debajo del nivel actual, considerando que esta es la altura habitual de los sistemas dunares de la zona, (DEVOY et alii 1996). El estudio micropaleontológico ha permitido reconstruir el ambiente de Seselle, (SANTOS & VIDAL ROMANÍ 1993), como un lagoon costero donde el ascenso del mar produce la rotura de la barra arenosa y la invasión del dominio lagunar. Seselle y Puerta Real debieron ser erosionadas, en parte, en la etapa "zona superior" debido a pequeñas oscilaciones eustáticas que no aparecen registradas en las series estudiadas en esta memoria. Estos acontecimientos se repiten en otras zonas de la Costa Cantábrica, (CEARRETA 1993),

como Santoña, (Santander), entre 4.070 y 3.080 años B.P. Todo parece indicar una gran homogeneidad en el comportamiento del nivel del mar en toda la Cornisa Cantábrico-Atlántica, al menos desde el final del Pleistoceno a la actualidad. En otras zonas del Cantábrico, (CEARRETA 1988, 1989, 1993), se reconoce la misma transgresión en entornos idénticos a Seselle, aunque esta vez localizados en: el Estuario del Bidasoa, Estuario de Bilbao y Herriko Barra, en la Costa Vasca, en Noja (Cantabria), y, (GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI 2000), asigna a esta etapa los campos de dunas de Gros-Miracruz, Fuenterrabía, Zarauz, Zumaia y Gorliz. En el Golfo Ártabro, tal vez, aunque se trate de un depósito costero lagunar y no propiamente marino, la secuencia conservada en Doniños, (VIDAL ROMANÍ et alii 2000), sea la más completa. Se trata de un depósito eminentemente transgresivo, aunque allí esté representado por depósitos eólicos progradantes hacia el interior de la laguna. En ella se distinguen, sin embargo, dos pequeños episodios regresivos: uno entre 1.700 y 1.400 antes de ahora, representado por una secuencia lagunar continental, (DEVOY et alii 1996; VIDAL ROMANI et alii 2000), y otro, entre 400 y 100 años B.P., que aparece representado tanto en el interior de Doniños como en el fondo de la Ría de Ferrol, (LOPEZ CANCELO comunicación personal), y en Traba, (DEVOY et alii 1996).



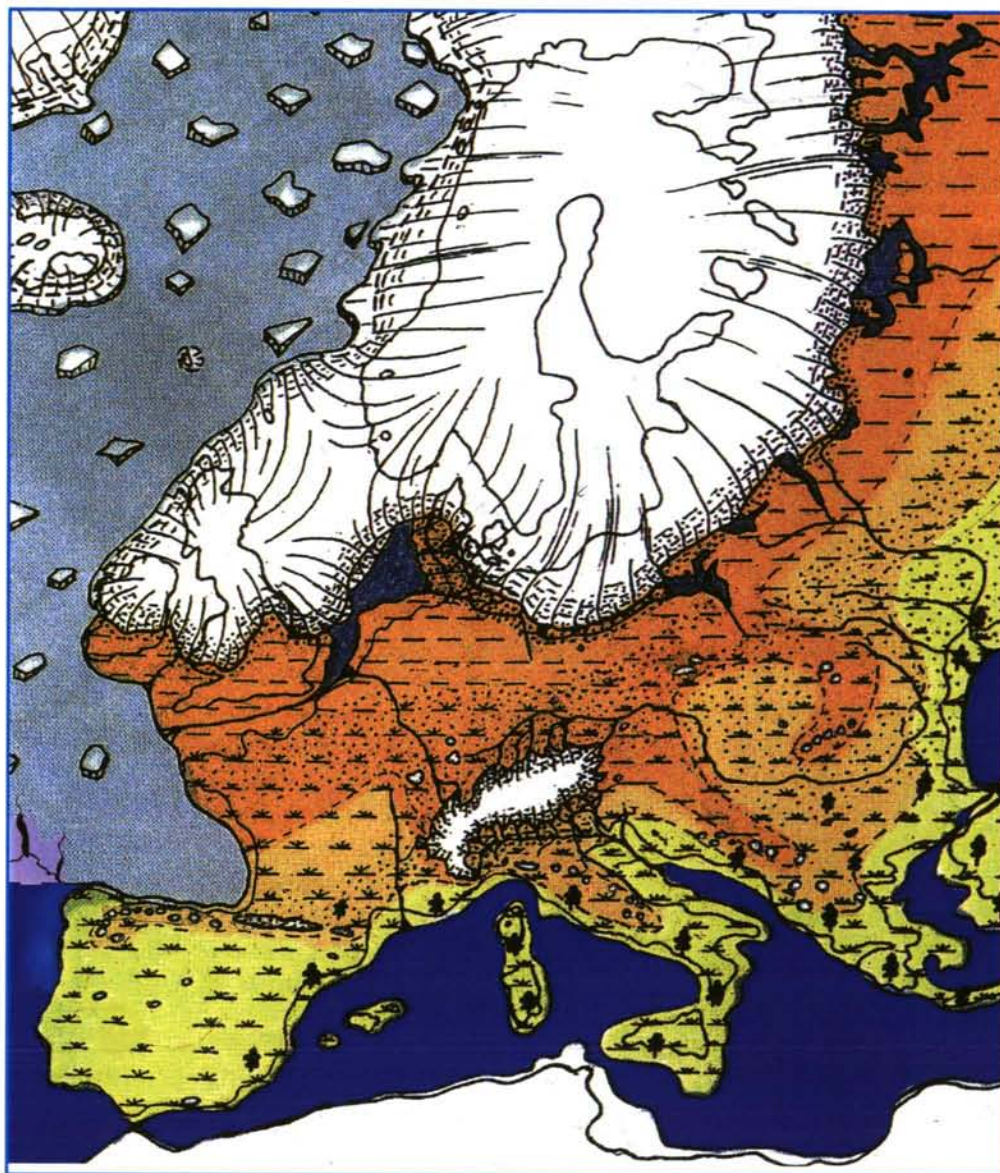


Fig. 6.1. Reconstrucción paleogeográfica de Europa durante un máximo glacial



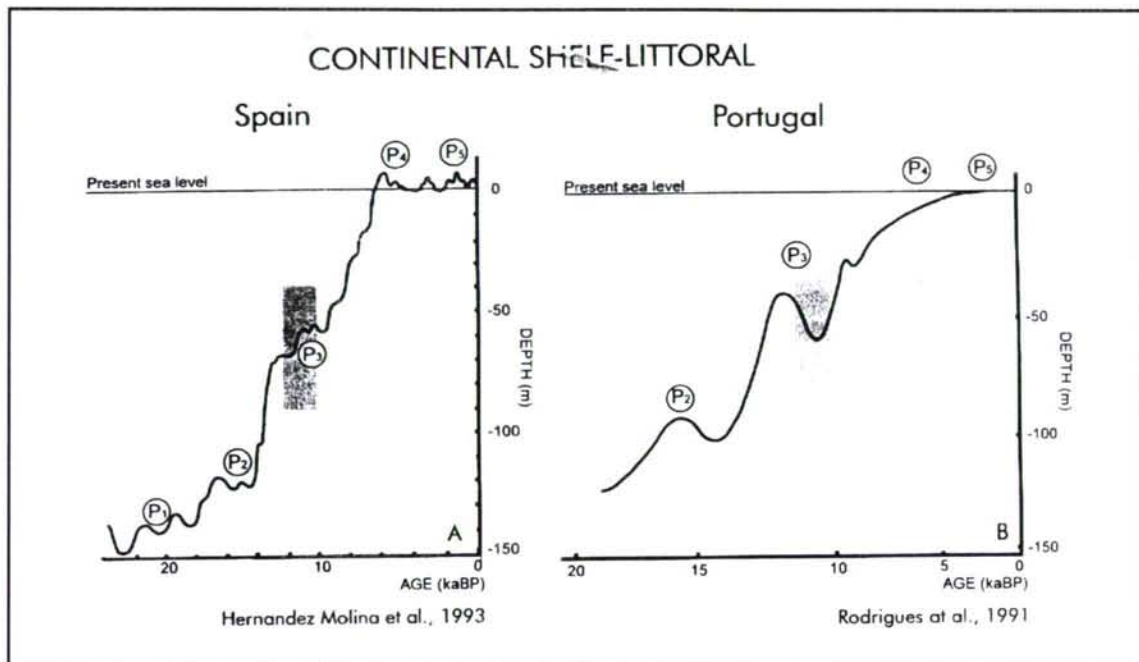


Fig. 6.2 Comparación entre las curvas de variación del mar durante el Pleistoceno deducidas para la costa portuguesa y la española por diversos autores. (Tomado de Zazo et alii 1994)

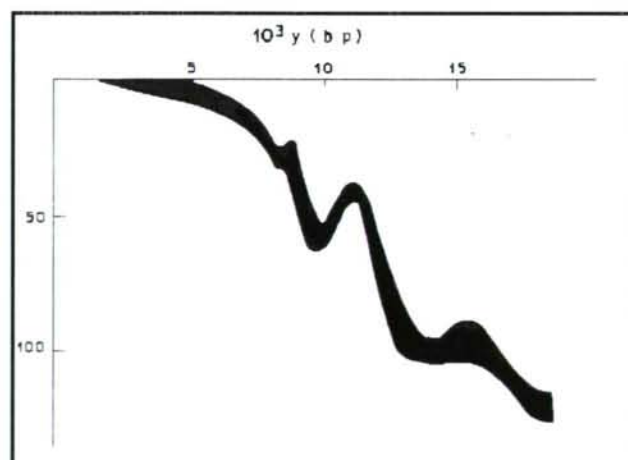


Fig. 6.3. Curva de evolución del nivel del mar para la costa portuguesa durante el Pleistoceno superior (Rodrigues et alii 1991. In Dias 1987).

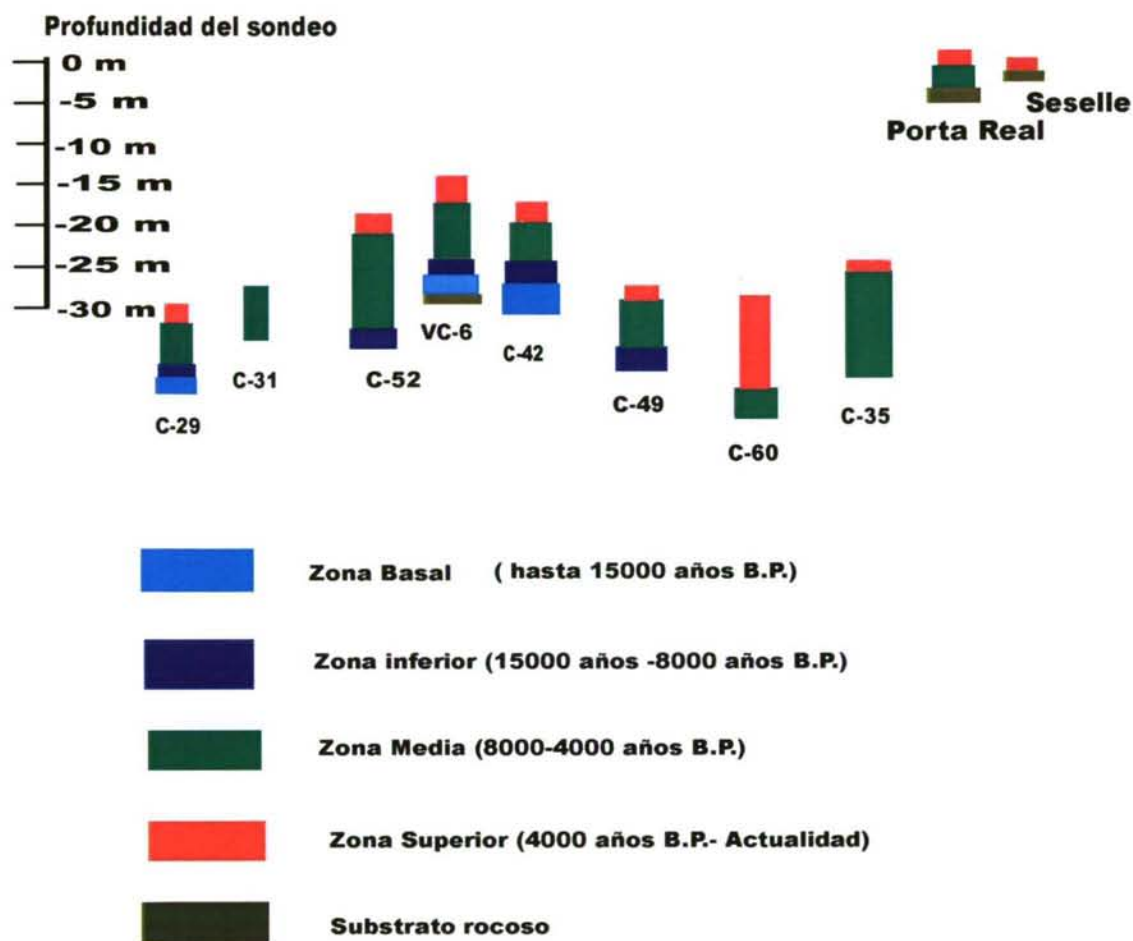


Figura 6.4. Situación batimétrica de los sondeos estudiados con la zonación biosedimentaria definida en cada uno de ellos. Porta Real y Seselle corresponden a trabajos previos (MOSQUERA SANTÉ et alii 1994; SANTOS et alii 1993).

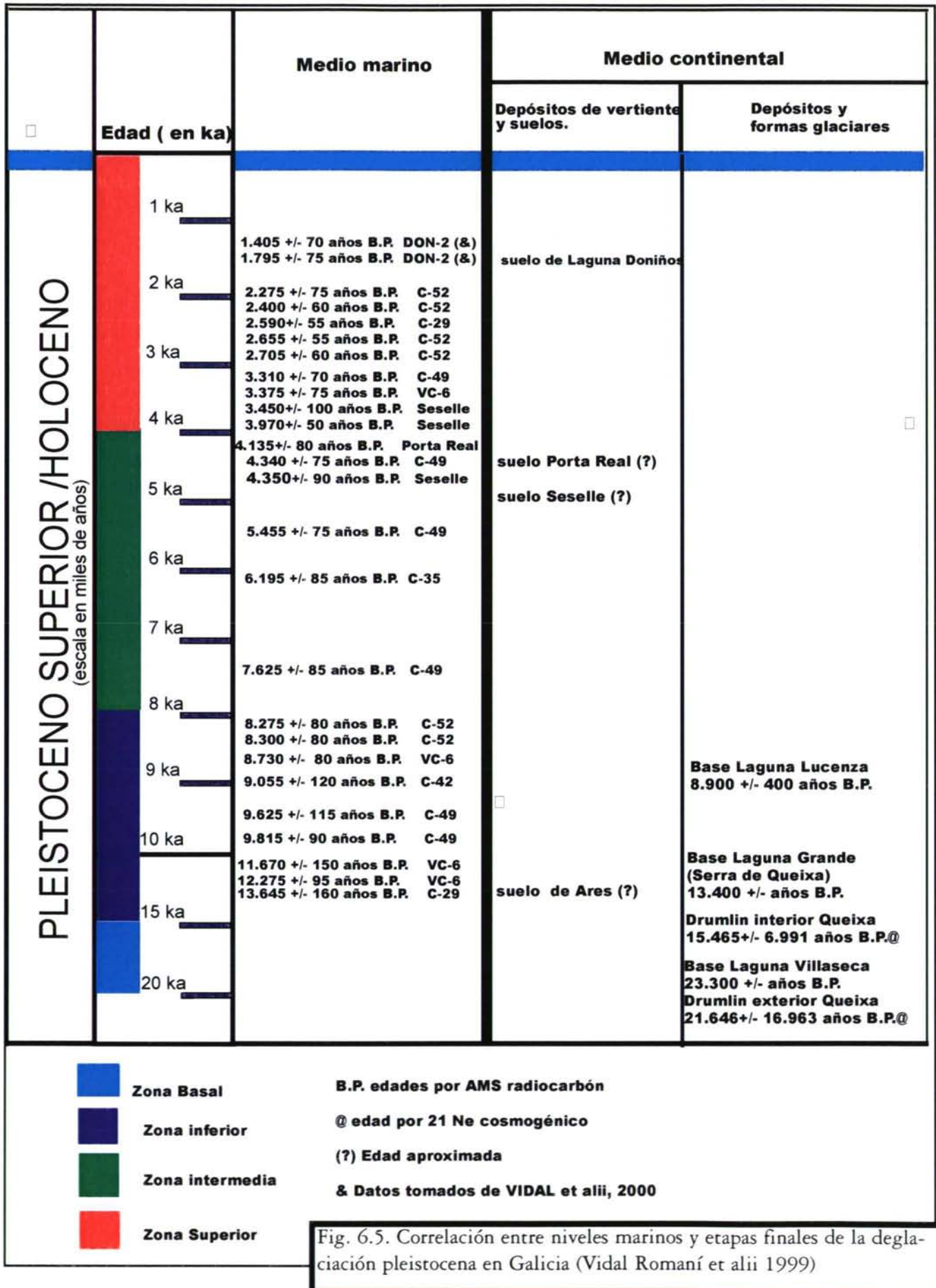


Fig. 6.5. Correlación entre niveles marinos y etapas finales de la deglaciación pleistocena en Galicia (Vidal Romaní et alii 1999)



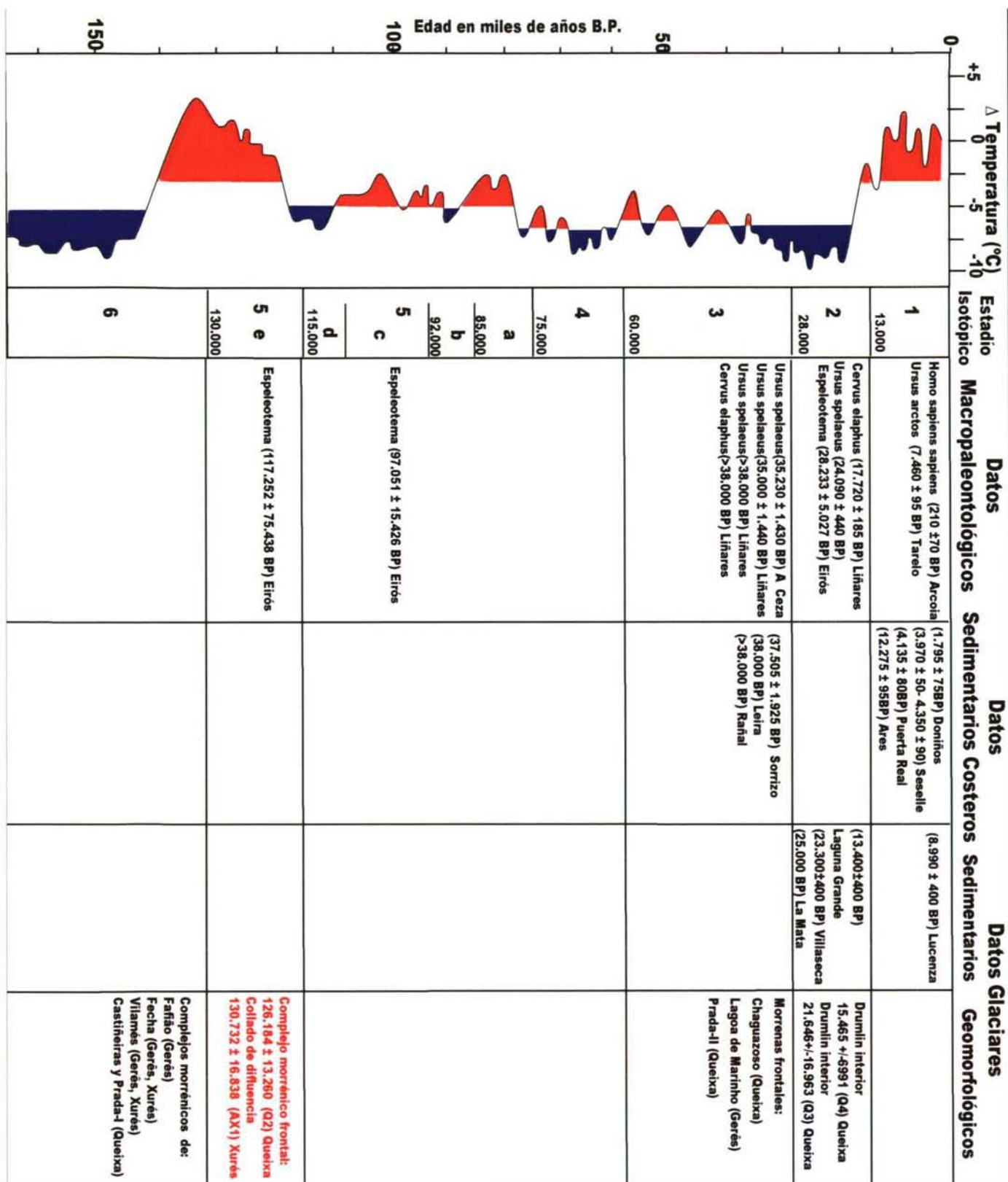


Fig.6.6.- Cuadro cronológico general para el NW de la Península Ibérica durante el Cuaternario superior, (modificado de TABOADA et alii 1999)

# Conclusiones

---

CAPÍTULO

**VII**

CONCLUSIONES



## VII.- CONCLUSIONES.

1.- La utilidad del estudio de foraminíferos como indicadores paleoambientales y paleobatimétricos en los sedimentos de Ría sobre cualquier otro criterio paleontológico está suficientemente probada en nuestro caso.

2.- Las dataciones absolutas por AMS utilizando caparazones de foraminíferos se han demostrado muy útiles para casos, como el presente, en sondeos arenosos, con bajo contenido en materia orgánica, por la alta precisión en las dataciones realizadas si se consideran las dificultades (principalmente económicas) para la obtención de muestras.

3.- Los sondeos estudiados corresponden en su totalidad a un medio marino de aguas someras con predominio de ambientes de lagoons.

4.- En ninguno de los sondeos estudiados se llega a apreciar un descenso del nivel del mar por debajo de la cota de -17 m, (Sondeo VC 6), que es la cota de mínima profundidad común a todos los sondeos estudiados. No aparecen registrados, salvo en el sondeo VC 6, (-30 m), algún nivel que permita establecer con precisión la posición del nivel del mar durante el intervalo de tiempo estudiado en este trabajo. La curva de evolución del nivel del mar no se ha podido construir, permitiendo únicamente los datos obtenidos establecer tendencias de ascenso o descenso en el nivel del mar. Los datos de Seselle incluidos en éste trabajo no han sido resultado de la investigación realizada en esta Tesis Doctoral.

5.- Las secuencias estudiadas cubren la totalidad de la Transgresión Flandriense en la costa de Galicia. La buena correlación con el resto de los niveles marinos de zonas inmediatas permitirá avanzar en el futuro hacia un modelo unitario para el comportamiento del nivel del mar no sólo en la costa gallega sino en el resto del Cantábrico y la costa norportuguesa.

6.-La secuencia más larga, Ares VC 6, con un nivel continental, (-30 m por debajo del

nivel actual del mar), plantea problemas de ajuste con las curvas previas para el nivel del mar en el intervalo de tiempo estudiado en esta Tesis. Sin embargo la paleobatimetría inferida en ésta Tesis Doctoral es coherente con la situación de los aparatos glaciares en las zonas de montaña de Galicia, que hace 15.000 años se hallaban al final de su etapa final de ablación

7.- Se hace necesario confirmar la validez de las curvas deducidas para la evolución del nivel del mar, y su aplicabilidad a la zona gallega. Ello deberá hacerse basándose en datos bien contrastados en donde al estudio micropaleontológico y sedimentario se una una buena datación de los sondeos estudiados.

8.- Las series marinas se han demostrado hasta ahora las más adecuadas para el estudio de la variación del nivel del mar durante el Cuaternario en Galicia. En ellas ha coincidido una sedimentación continua, preservación de restos paleontológicos y criterios de datación absoluta que han permitido la perfecta caracterización de las mismas.

9.- En éste tipo de trabajos es también de gran utilidad el reconocimiento previo de la zona a sondear por medio de una adecuada campaña de sísmica de refracción que permita ubicar los sondeos en los emplazamientos mas adecuados.

10.- Sin embargo las unidades sísmicas deben ser adecuadamente contrastadas mediante la realización de sondeos que permitirán obtener datos, (paleontología, cronología absoluta, litología, sedimentología,etc.), fiables para su caracterización. El caso del nivel continental, determinado para el muro de VC-6, no era inicialmente aparente a partir de la estratigrafía sísmica que no permitía diferenciar entre un nivel marino y uno continental.

# Bibliografía

---

CAPÍTULO

VIII



BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA YEPES, J. (1982). Apantallamientos acústicos en la ría de Muros y Noya y en el margen continental de Cadiz. *Bol. Inst. Esp. Oceanog.* Vol. VII (1): 126-149.
- ACOSTA YEPES, J. HERRANZ, P. (1984). Contribución al conocimiento del cuaternario marino en la ría de Muros y Moya. *Thalassas*, 2: 13-21.
- ALONSO, A. & PAGES, J.L. (2000). El registro sedimentario del final del Cuaternario en el litoral noroeste de la Península Ibérica. Márgenes cantábrico y atlántico. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 13(1): 17-29.
- ALVE, E., & NAGY, J. (1990). Main features of foraminiferal distribution reflecting estuarine hydrography in Oslo Fjord. *Marine Micropaleontology* 16: 181-206.
- ALLEN J.R.M.; BRANDT, U.; BRAUER, A.; HUBBERTEN, H-W.; HUNTLEY, B.; KELLER, J.; KRAML, M.; NOWACZYK, N.R.; WATTS, W.A.; WULF, S. & ZOLITSCHKA, B. (1999). Rapid environmental changes in southern Europe during the last glacial period. *Nature*, 400: 740-743.
- ANDERSON, O. R. & LEE, J. J. (1991). Cytology and fine structure. In *Biology of Foraminifera*. (John J. Lee & Roger Anderson, Ed) Academic Press. London, 7-40.
- BAO, R. (1991). *Las tanatocenosis de diatomeas (Bacillariophyta) en sedimentos superficiales de las rías y plataforma continental de Galicia (NW de la Península Ibérica) y su relación con la columna de agua: implicaciones paleoceanográficas*. Tesis Doctoral Univ. de A Coruña.
- BARD E.; HAMELIN B. & FAIRBANKS R.G. (1998). U-TH ages obtained by mass spectrometry in corals from Barbados: sea level during past 130,000 years. *Nature*, 346, 456-458.
- BARTLEIN, P.J.; EDWARDS M.E.; SHAPER S.L. & BAKER JR. E.L. (1995). Calibration of radiocarbon ages and the interpretation of paleoenvironmental records. *Quaternary Research*, 44, 417-424.
- BELL, M., & WALKER, M. J. C. (1992). Late Quaternary Environmental Change. Physical & Human Perspectives. Longman.
- BIROT, P. y SOLÉ SABARÍS, L. (1954). Recherches morphologiques dans le Nord-Ouest de la P.I. *Mem. et Doc. C.N.R.S.*, 7-61.
- BOERSMA A. & HAQ B.U. (1978). Calcareous Microfossils. In *Introduction to the Marine Micropaleontology*. (Bilal, Ed.). Elsevier, New York.
- BOLTOVSKOY, E. (1965). Foraminíferos recientes. *EUDEBA*. Buenos Aires, 509 pp.
- BRASSIER, M. D. (1980). Microfossils, *George Allen & Unwin*. London, 193 pp.
- BRONGERSMA, L.D. & PANNEKOEK, A.J. (1966). Investigations in and around the Ría de Arosa. North-West Spain. *Leidse Geol. Mededelingen*, 37: 1-5.
- BUTZER, K. (1967). Geomorphology and stratigraphy of the paleolithic site of Budiño (Pontevedra, Spain). *Eiszeitalter und gegenwart*. Vol. 18 82-103.
- CANTANO M. (1996). *Evolución morfodinámica del Sector suroccidental de la cuenca de Ciudad Rodrigo, Salamanca*. Tesis Doctoral. Universidad de Huelva. 277 pp. + Mapa.

- CARABALLO MUZIOTTI, L.F. (1969). *Estudio fisiográfico-sedimentológico de las rías y frente costero comprendidos entre la Estaca de Vares y el Cabo Prior (Prov. de La Coruña)*. Univ. Complutense. Facultad de Ciencias. Sección de Geológicas. Serie A. 93: 1-207.
- CEARRETA, A. (1989). Foraminiferal assemblages in the Ria of San Vicente de la Barquera (Cantabria, Spain). *Revista Española de Micropaleontología* XXI, 1: 67-80.
- CEARRETA, A. (1993). Palaenviromental interpretation of Holocene coastal sequences in the southern Bay of Biscay. *Geol Rundsch* 82: 234-240.
- CEARRETA, A. (1998). Holocene sea level changes in the Bilbao estuary, (north Spain): foraminiferal evidences. *Micropaleontology*, 44, (3): 265-276.
- CEARRETA, A & MURRAY, J.W. (2000). AMS 14C dating of Holocene estuarine deposits: consequences of high-energy and reworked foraminifera. *The Holocene*, 10 (1): 155-159.
- COLOM, G. (1952). Foraminíferos de las costas de Galicia (campañas de Xauen en 1949 y 1950). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 51: 58 pp.
- COLOM, G. (1954). Sur la presence de gisements eocenes sous-marines en face du Cap Touriñana (Galice). *Congr. Geol. Inter. Comp. Rend. XIX Sesión Argel*, 1952. Section XIII Fasc. XIII: 289-292.
- CULVER, S. J. (1993). Foraminifera. In *Fossil Procarotes and Protists*. (J. H. Lipps, Ed.). Blackwell Scientific Publications. Berkeley, 203-247.
- DÉLIBRIAS, G. (1989). Carbon-14. In *Nuclear methods of dating*. (E. Roth, and B. Poty, Eds.), Kluwer Academic Publishers. París, 399-436.
- DEVOY R.J.N.; DELANEY C.; CARTER R.W.G. & JENNINGS S.C. (1996). Coastal stratigraphies as indicators of environmental changes upon European Atlantic coasts in the Late Holocene. *Journal of Coastal Research*, 12 (3), 564-588.
- DIAS J.M.A. (1987). *Dinâmica sedimentar e evolução recente da plataforma continental portuguesa setentrional*. Tesis Doctoral Universidad de Lisboa, 500 pp. (inédita).
- DIEZ, J. (1980). Introducción al estudio geomorfológico y de los procesos litorales en la Ría de Foz. *Rev. Ob. Pub.* n° 3187, 941-952.
- DIZ P., FRANCÉS G., ALEJO I. & VILAS F. (2000). Evolución paleoecológica de la Ría de Vigo (NO de España) durante el Holoceno. *Geogaceta* 27, 59-62. Madrid.
- DOMÈNECH, R., & MARTINELL, J. (1996). Introducción a los fósiles. Masson. Barcelona, 288 pp.
- EDESO, J.M. (1994). El relleno holoceno de la depresión de Zarauz. *Lurralde*, 17, 115-152.
- FERRÚS, B. (1998). *Análisis de cuenca y relaciones tectónica-sedimentación en la Cuenca de As Pontes (Galicia)*. Universitat de Barcelona. Tesis Doctoral. (inédita).
- FRAGA RODRIGUEZ F. (1996). As Rías. in *As Augas de Galicia*, (Ed. Consello da Cultura Galega 611 pp. Santiago de Compostela). Cap 5, pp. 213-280. Santiago de Compostela



- GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI M.J. (2000). Evolución morfoclimática del país vasco durante el Cuaternario: estado de la cuestión. *Cuaternario y Geomorfología*, 14, 3-4, pp.79-99.
- GRANJA, H. M. (1993). Os conhecimentos actuais sobre o Holocénico do Noroeste de Portugal. In *O Quaternário em Portugal. Balanço e Perspectivas*. (F. M. d. Ferro, Ed.). Lisboa, 43-49.
- GRANJA H. M. (1999). Late Pleistocene and Holocene sea-level, neotectonic and climatic indicators in the northwest coastal zone of Portugal. *Geologie en Mijnbouw*, 77 (3-4): 233-245, Kluwer Academic Publishers (The Netherlands).
- GRANJA H. M. & DE GROOT T. (1996). Sea level rise and neotectonism in a Holocene coastal environment at Cortegaça beach (NW Portugal) - a case study. *Journal of Coastal Research*, 12 (1): 160-170.
- GRANJA H. M.; CARVALHO G. S.; DE GROOT T. A. M.; SOARES A. M. & PARISH R. (1996) Geochronology and recent geomorphological evolution of northwest coastal zone of Portugal. In: *Partnership in Coastal Zone Management*, Taussik, J. & J. Michell (eds), Samara Publishing Limited, Cardigan, 297-308
- GRANJA H. M.; RIBEIRO I; CARVALHO G. S. & SENOS MATIAS M. (1999). Some neotectonic indicators in Quaternary formations of the northwest coastal zone of Portugal. *Physics and Chemistry of the Earth*, 24(4): 323-336, Elsevier Science, Ltd.
- GRIMAUD, S. (1981). *La marge Iberique au Nord et a l'Ouest du Banc de Galice (Espagne)*. Laboratoire de Geodynamique Sous-marine. Univ. Pierre et Marie Curie, 1 -90
- GROUPE GALICE (1979). The continental margin off Galicia and Portugal acoustical stratigraphy, dredge stratigraphy, and structural evolution. *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. Vol. XLVII(2): 633-662
- GROVE J.M. (1988). The Little Ice Age. *Methuen Ed.* 498 pp. London
- HERNÁNDEZ MOLINA, F.J.; SOMOZA, L.; REY, J.& POMAR, L. (1994). Late Pleistocene-Holocene sediments on the spanish continental shelves: model for very high resolution sequence stratigraphy. *Marine Geology*, 120: 129-174.
- HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1963). Probable orla mesozoico-terciaria submarina en el N.W. de la Península Hispánica. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 61: 231-238.
- HERRANZ, P.; ACOSTA, J. (1984). Estudio geofísico de la Ría de Muros y Noya. *Bol. Inst. Esp. Oceanografía*, 1(2): 48-78.
- HINZ, K.;& PANNEKOEK, A. J. (1970). Seismic reflection measurements with a pneumatic sound source in the Ria de Arosa, (N.W. Spain). *Leid. Geol. Meded.*, 37: 169-184.
- JONES, R. W. (1994). The challenger foraminifera. *Oxford Science Publications*. The Natural History Museum. New York, 149 pp.
- KIDSON, C. (1986). Sea-level changes in the Holocene. In *Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data*. (O. v. d. Plassche, Ed.), 27-63.
- LAUTENSACH, G. (1941). Morphologische Skizze der Küsten Portugals, ein lan-

deskmdlicher Ausschnitt. Sonderband der zeitschr gesellschaft f. Erdkunde zu Berlin, 296-346.

LAUTENSACH, G.. (1945). Formação dos terraços interglaciarios do Norte de Portugal e as suas relações com os problemas da época glaciaria. *Soc. Geol. de Portugal*, 1-39.

LEIRA CAMPOS M. (2000). *Paleolimnología en lagos postglaciares del NW de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Universidad de A Coruña. 227 págs. (inédita).

LEVY, A.; MATHIEU, R.; POIGNANT, A.; ROSSET-MOULINIER, M.; UBALDO, M.L., & LEBREIRO, S. (1995). Foraminifères Actuels de la Marge Continentale Portugaise-inventaire et Distribution. *Memórias do Instituto Geológico e Mineiro*. Lisboa, 116 pp.

LEVY, A.; MATHIEU, R.; POIGNANT, A.; ROSSET-MOULINIER, M.; UBALDO, M. de L., & AMBROISE, D. (1993). Recent foraminifera from the continental margin of Portugal. *Micropaleontology*, 39: 75-87.

LOEBLICH, A.R., & TAPPAN, H. (1988). Foraminiferal genera and their classification. (vol 1, 970 pp.) and Foraminiferal Genera and their classification-plates (vol 2, 847 plates), *Van Nostrand Reinhold*. Los Angeles.

MARGALEF, F. (1959). Nuevos datos para el estudio de la historia de la ría de Vigo desde la última glaciación. *Mem. R. Ac. Cienc. Art. Barcelona*. Ill~ Época n° 666. Vol. 33, n° 2.

MARGALEF, R. (1956 a). Oscilaciones del clima postglacial del Noroeste de España registradas en los sedimentos de la Ría de Vigo. *Zephyrus*, 7: 5-9.

MARGALEF, R. (1956 b). Paleoecología postglacial de la Ría de Vigo. *Investigación Pesquera*, 5: 89-112.

MARQUÍNEZ, J. (1992). Tectónica y relieve en la Cornisa Cantábrica. In *The late Quaternary in the Western Pyrenean Region*, (Cearreta A. y Ugarte, F., eds.). Serv. Pub. Univ. País Vasco, 143-159.

MARTINEZ GRAÑA, A.; GOY, J.L. & ZAZO, C. (2000). Actividad tectónica en el Noroeste peninsular, en base a los registros de los depósitos costeros de los últimos 130.000 años (Rías de Arosa-Pontevedra, Galicia). *Geotemas* 1(4), 263-266.

MARTÍN-SERRANO, A. (1989). Rasgos generales y problemática de las superficies de erosión en Galicia. *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 14, 7-18.

MARY G. (1992). La evolución del litoral cantábrico durante el Holoceno. In *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region*. Bilbao (A. Cearreta & F. Ugarte, Eds.), 161-170.

MARY G. ; MEDUS J. & DELIBRIAS G. (1975). Le Quaternaire de la cote asturienne (Espagne). *Bulletin de l'Association Française pour l'étude du Quaternaire*, 42 (1):13-23.

MARY, G. (1967). Les niveaux marins fossiles de la région de Otur (Luarca, Asturias, Espagne). *Bulletin de la Société Linneenne de Normandie*. 10<sup>a</sup> serie, 8 eme vol., 38-52.

MARY, G. (1968). Datation de la plage fossile de Xivares (Espagne). *Comptes Rendus de la Academie des Sciences de Paris*, 266, pp. 1941-1942.

MARY, G. (1970 a). Depôts marins e eolisation ancienne près du Phare de Peñas. *Breviora*



- Geologica Astúrica*, XIV, (3): 29-32. Oviedo
- MARY, G. (1970 b). La rasa cantabrique entre Lueca y Ribadeo (Asturies, Espagne). *Breviora Geologica Astúrica*, XIV, 24: 45-48. Oviedo.
- MARY, G. (1971 a). Les hautes surfaces d'abrasion marine de la côte asturienne (Espagne). In *Histoire structurale du Golfe de Gascogne*, 2(5): 1-12.
- MARY, G. (1971 b). Les formations quaternaires de la côte asturienne (Espagne) entre Ribadesella et Comillas. *Bulletin de l'Association Française pour l'étude du Quaternaire*, 2: 111-118.
- MARY, G. (1972). Le Quaternaire du Cap de Esbarradoiro, (Lueca Asturias, Espagne). *Breviora Geologica Astúrica*, XVI, (4): 53-56. Oviedo.
- MARY, G. (1974). Phase climatique periglaciaire tardive sur la côte asturienne. *Breviora Geologica Astúrica*, XVIII, (2): 25-28. Oviedo.
- MARY, G. (1975). Oscillation d'âge atlantique du niveau marin sur la plage de la jerra (San Vicente de la Barquera, Santander). *Breviora Geologica Astúrica*, XIX, (4): 49-51. Oviedo.
- MARY, G. (1983). Evolución del margen costero de la Cordillera Cantábrica en Asturias desde el Holoceno. *Trabajos de Geología*, 13: 3-35.
- MARY, G. (1985). Niveaux marins du littoral asturien et galicien entre san Vicente de la Barquera y Foz. *Actas Iª Reunión del Cuaternario Ibérico*. Lisboa, Tomo 1: 219-288.
- MATEU, G. (1970). *Estudio sistemático y bioecológico de los foraminíferos vivientes de los litorales de Cataluña y Baleares*. Instituto Español de Oceanografía. Madrid, 84 pp.
- MATEU, G. (1987). Unos datos y unas observaciones micropaleontológicas sobre las Rías de Galicia. *Cuaternario y Geomorfología*. Vol. I: 177-194.
- MAUFFRET, A. (1978). Evolution sturcturale de la marge continentale au nord-ouest de la Peninsule Iberique. *Bull. Soc. Geol. France*. Vol. 7(XX-4): 375-388.
- MENSCHING, H. (1961). Die Rias der Galicisch-Asturischen kuste Spaniens. *Erdkunde*. Vol. XV: 210-224.
- MOPU (1990). Estudio geofísico marino entre cabo Prior y Cabo de San Adrián (Coruña). Tomo I. Memoria y Apéndices. *Dirección General Puertos y Costas. Subdirección General de Costas y señales marítimas*. 98 págs. (Informe interno).
- MOSQUERA SANTE, M.J.; MATEU MATEU, G. A.; & VIDAL ROMANÍ, J.R. (1994). Estudio del depósito de Puerta Real un episodio regresivo Holoceno en la Ría de la Coruña. *Gaia* 9: 75-78.
- MURRAY, J. W. (1979). British Nearshore Foraminiferids. *Academic Press*. London, 68 pp.
- MURRAY, J. W. (1991a). Ecology and distribution of benthic foraminifera. In: *Biology of Foraminifera*. (John J. Lee & Roger Anderson, Ed) *Academic Press*. London, 221-253.
- MURRAY, J.W. (1991b). Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera. *Longman Scientific & Technical*. 397 pp.



- NIETO FREIRE, M. & VIDAL ROMANI, J.R. (1989). Niveles marinos y depósitos continentales antiguos en el borde costero entre Cabo Prior y Cabo Prioriño (A Coruña, Galicia). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*. Vol. XIV: 67-78.
- NONN, H. (1966). *Les régions cotieres de la Galicie: étude geomorphologique*. Th. Doc. Fac. Lettres, Univ. Strasbourg. 591 pp.
- OLSSON I. U. (1986). Radiometric dating. In *Handbook of Holocene Paleoecology and Palaeohydrology* (Editado por B.E. Berglund), pp.273-312. John Wiley and Sons Ltd., Chichester.
- PAGES, J. & VIDAL ROMANI, J.R. (1997). La extremidad occidental de la Superficie Fundamental de Galicia: La meseta de Santa Comba. *Cuadernos do Laboratorio. Xeolóxico de Laxe*, 22: 133-149.
- PAGES, J. & VIDAL ROMANI, J.R. (1998). Síntesis de la evolución geomorfológica de Galicia Occidental. *Geogaceta*, 23: 119-122.
- PAGES, J. L. (1996). *La Cuenca del Xallas y su entorno: Evolución cenozoica del relieve en el Oeste de la provincia de La Coruña*. Universidad Complutense de Madrid, 1996. (inédita).
- PANNEKOEK, A.J. (1966 b). The ria problem. *Tijdschrift van het koninklijk Nederlandsch Aardrijkskundig Genootschap*. VOL.LXXXIII (3): 289-297.
- PANNEKOEK, A.J. (1966a). The geomorphology of the surroundings of the Ria de Arosa (Galicia, NW Spain). *Leidse Geol. Mededelingen*, 37: 7-32.
- PANNEKOEK, A.J. (1970). Additional geomorphological data on the ria area of western Galicia (Spain). *Leidse Geol. Mededelingen*, 37: 185-194.
- PAZOS, O; VILAS, F.; GARCIA-GIL, S. NOMBELA, M.A.ALEJO, I; RUBIO, B.& REY, D. (1994). Holocene tectonic movements in the west cost of Galicia, Spain. *Symposium Littoral*, 94: 26-29.
- PÉREZ-GONZALEZ, A.; CABRA, P.; MARTIN SERRANO, A.; CAPOTE, R.; DE VICENTE, G.; RUBIO, J. M.; GALLARDO, J.; MARTIN DE VIDALES, J. L.; AGUIRRE, E.; SANTONJA, M.; VIDAL ROMANI, J. R.; HOYOS, M.; SERRAT, D.; GUTIERREZ ELORZA, M.; PEÑA MONNE, J. L.; MOLINA, E.; DE PEDRAZA, J.; RODRIGUEZ VIDAL, J.; DIAZ DEL OLMO, F.; GOY, J. L.; ZAZO, C.; BAENA, J.; DEL OLMO, P.; MECO, J.; REY, J.; MEDIALDEA, T.; PERALTA, M.; DIAZ, L. A.; CALDERON, V.(1989). Mapa del Cuaternario de España. Servicio de Publicaciones I.T.G.E. 279 pp.
- REY, J.; DIAZ DEL RIO, V. (1987). Structure of recent sedimentary units in the Galician continental shelf. *Cuadernos do Laboratorio. Xeolóxico de Laxe*, 12: 35-43.
- REY, J. (1990). *Relación morfosedimentaria entre la Plataforma continental de Galicia y las Rías bajas y su evolución durante el Cuaternario*. Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid. 398 pp.
- REY, J. (1993). Relación morfosedimentaria entre la plataforma continental de Galicia y las Rías Bajas y su evolución durante el Cuaternario. *Publicaciones especiales del Instituto*

- Español de Oceanografía, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Madrid, Nº 17, 233 pp.
- REY, J., y SOMOZA, L. (1993) Sistemas deposicionales de las rías gallegas y la plataforma continental. Su relación con variaciones del nivel del mar durante el Cuaternario. In *Estudios sobre Cuaternario*, (M.P. Fumanal, and J. Bernabeu, Eds.), 65-74. Universidad de Valencia, Valencia.
- REY, J.; DIAZ DEL RIO, V. (1985). Estructura de los sedimentos recientes en la plataforma continental atlántica de Galicia. *Actas 1ª Reunión del Cuaternario Ibérico*. G.E.T.C.; G.T.P.E.Q. Vol.1.
- REY, J.; MEDIALDEA, T. (1989). Los sedimentos cuaternarios superficiales del margen continental español. *Publicaciones especiales del Instituto Español de Oceanografía* 3: 29 pp.
- RICHTHOFEN, F.von (1901). Fuhrer fur forschungsrreisende anleitung zu beobachtungen uber gegenstande der physischen geographie und geologie. *Technische Hochschule Karlsruhe Lehrstuhl fur Geologie*, 302-377.
- RIVAS V. (1998). Clima y nivel del mar: reconstrucción de las posiciones marinas cuaternarias a través de las evidencias del litoral cantábrico. In *La reconstrucción del clima de época preinstrumental*. (García Codrón J.L. Ed.). V Reunión Nacional de Climatología. Servicio de Publicaciones. Universidad de Cantabria, 2000, 179-212 Santander.
- RODRIGUES, A.; MAGALHAES, F. AND ALVEIRINHO DIAS, J. (1991). Evolution of the north portuguese coast in the last 18.000 years. *Quaternary International*, 9: 67-94.
- RODRIGUEZ AMUCHÁSTEGUI, (2000). Evolución morfoclimática del país vasco durante el Cuaternario: estado de la cuestión. *Cuaternario y Geomorfología*, Vol.14,3-4, pp.79-99.
- SANTOS FIDALGO, L. (1996). *Estudio de la deglaciación finicuaternaria en el NW de la Península Ibérica: datos paleobotánicos y geomorfológicos*. Tesis Doctoral. Universidad de A Coruña. 218 págs. (inédita).
- SANTOS, L. & VIDAL ROMANI, J.R. (1993). El lagoon de Seselle: un episodio de la transgresión holocena en la Ría de Ares, (A Coruña, Galicia, España). Datos geomorfológicos, sedimentarios y paleoecológicos. *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Lax* 18: 163-174.
- SANTOS, L.; BAO, R. & JALUT, G. (1993). Estudio micropaleontológico de una turbera litoral holocena en la Ría de Ares (A Coruña, España). *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Lax*, 18: 175-188.
- SOMOZA, L.; REY, J. (1991). Holocene fan deltas in the Ria morphology. Prograding clinoforms types and sea-level control. *Cuadernos de Geología Ibérica*. nº 15, 37-48. Madrid.
- STUIVER M. & REIMER P. (1993). Radiocarbon calibration program 1993, Rev. 3.03A test 7. *Radiocarbon*, 35, 215-230.
- STUIVER M.; GROOTES P.M. & BRAZIUNAS T.F. (1995). THE GISP d 180 Climate Record of the past 16.500 years and the role of sun, ocean and volcanoes. *Quaternary*



*Research*, 44,341-354.

TABOADA, M.; FERNÁNDEZ MOSQUERA, D.; LÓPEZ GONZÁLEZ, F.; GRANDAL, A. & VIDAL ROMANÍ, J.R. (1999). Implicaciones paleoecológicas inferidas de la caracterización isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) del colágeno óseo de *Ursus spelaeus* Ros.-Hein. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 24: 73-87.

TEVES RIVAS, N. (1964 a). Estudio fisiográfico-sedimentológico de las Rías Altas gallegas.I.- Ría del Barquero. Proceso erosivo marino y formación de canturrales en la Ría de Foz. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 62: 347-359.

TEVES RIVAS, N. (1964 b) . *Estudio fisiográfico-sedimentológico de las Rías Altas de la Prov. de Lugo: Rías del Barquero, Vivero, Fazouro, Foz y Eo*. Facultad de Ciencias. Univ. de Madrid, 62: 163-185.

THOUVENY, N.; DE BEAULIEU, J.-L.; BONIFAY, E.; CREER, K.M.; GUIOT, J.; ICOLE, M.; JOHNSON, S.; JOUZEL, J.; REILLE, M.; WILLIAMS, T. & WILLIAMSON, D. (1994). Climate variations in Europe over the past 140 kyr deduced from rock magnetism. *Nature*, 371: 503-506.

THOUVENY, N.; MORENO, E.; DELANGHE, D.; CANDON, L.; LANCELOT, Y. & SHACKLETON, N.J. (2000). Rock magnetic detection of distal ice-rafted debris: clue for the identification of Heinrich layers on the Portuguese margin. *Earth and Planetary Science Letters*, 180: 61-75.

TORRE ENCISO, E. (1954). Contribución al conocimiento morfológico y tectónico de la Ría de la Coruña. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, Vol. LII: 21-51.

TORRE ENCISO, E. (1958). Estado actual del conocimiento de las rías gallegas. Libro Homaxe A Ramón Otero Pedrayo. 7: 237-249.

TWIDALE C.R. & VIDAL ROMANÍ J.R. (1994). The Pangean inheritance. *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 19,7-36.

VANNEY, J.R.; AUXIETRE, J.L. & DUNAND J.P. (1979). Geomorphic provinces and the evolution of the northwestern Iberian continental margin. *Anales Inst. Oceanograf. Paris*. Vol. 55(1): 5-20.

VIDAL ROMANI, J. R. (1983). Origen y evolución de las rías de Muros y Noya. *Guía VI Reunión de Cuaternario 19/24 de septiembre G.E.T.C-G.G.Q.* Vigo, 93 pp

VIDAL ROMANÍ, J.R. (1991). Problemas geomorfológicos de la región gallega: la diferenciación geomorfológica en respuesta al régimen geodinámico cenozoico In: *Problemas geomorfológicos del centro y NW de la Península Ibérica*. Encuentro de campo, Garzón G. et al. (Ed.). Editorial Complutense, 31-41.

VIDAL ROMANÍ, J.R. (1996). Geomorfología de Galicia, In: *Historia de Galicia*. Tomo de Xeografía. Hércules de Ediciones, A Coruña, 7-67.

VIDAL ROMANI, J.R.; FERNÁNDEZ MOSQUERA, D.; MARTI, K. & BRUM FERREIRA, A. DE. (1999). Nuevos datos sobre la cronología glaciaria pleistocena en el NW de la Península Ibérica. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 24: 7-30



- VIDAL ROMANÍ, J.R.; YEPES TEMIÑO, J. & RODRÍGUEZ MARTÍNEZ CONDE, R. (1998). Evolución geomorfológica del Macizo Hespérico Peninsular. Estudio de un sector comprendido entre las provincias de Lugo y Ourense (Galicia, NW de España). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 23: 165-199.
- VIDAL ROMANI, J.R. & FERNÁNDEZ MOSQUERA, D. (1999). Cronología glacial pleistocena de la Serra de Gerês, (Norte de Portugal). Estudos do Quaternário/Quaternary studies *Revista da A.P.E.Q./Journal of the Portuguese Association for Quaternary Research*, 2: 57-64.
- VIDAL-ROMANI, J.R.; SANTOS-FIDALGO, L.; LÓPEZ-CANCELO, L.; MOSQUERA-SANTÉ, M.J. & LEIRA-CAMPOS, M. (2000). *Storminess Variation Along The Atlantic Seaboard Of Europe Over The Last 2000 Years: Holocene Storminess From Coastal Barriers In North-West Spain*. (Internal report).
- VILAS MARTIN, F; NOMBELA M.A. (1986) The evolution of Corrubedo beach-lagoon complex and evidence of human occupation (1045-695 BP), Galicia, NW Spain, *Thalassas*. 6(1): 29-35.
- YEPES TEMIÑO, J. (1998) *Geomorfología de un sector comprendido entre las provincias de Lugo y Ourense. Galicia (Macizo Hespérico Peninsular)*. Universidad Complutense de Madrid.
- ZAZO, C.; GOY, J.L.; LARIO, J.; SILVA, P.G. (1996). Littoral zone and rapid climatic change during the last 20.000 years. The Iberia study case. *Zeitschrift für Geomorphologie*. N.F.: Suppl.-Bd.102: 119-134.



# Localización de los sondeos

---

CAPÍTULO

IX



LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS

## IX-. LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS.

### IX.1. Consideraciones generales

Se acompaña en este capítulo la localización de todos los sondeos realizados durante la campaña del MOPU (1990). Como ya se aclaró en los capítulos III, V y VI no se realizó un estudio de todos los sondeos realizados. Sin embargo, la malla de sondeos realizados fue lo suficientemente densa como para permitir extrapolar los datos obtenidos en los sondeos seleccionados a toda el área de trabajo. Ello ha permitido obtener una estratigrafía básica a partir de los datos sísmicos de reflexión, e incluso proceder a su rectificación en algún caso (VC-6, ver Capítulos V y VI), en que sedimentos continentales podrían haber sido identificados como sedimentos marinos y donde sólo el análisis micropaleontológico del sedimento ha permitido la corrección de ese error. Aún así, y como ya se aclaró en el Capítulo I de Objetivos, lo que se pretende en esta Tesis Doctoral es definir mediante criterios micropaleontológicos preferentemente, el comportamiento del nivel del mar en esta zona de la costa gallega.

Se adjuntan a continuación los resultados de la interpretación de la campaña sísmica de reflexión que no fue realizada por nosotros sino tomada de la documentación de referencia (MOPU 1990). El uso de ésta información ha permitido además deducir el carácter transgresivo o regresivo de las unidades representadas en los sondeos seleccionados. Este dato es de gran importancia con el fin de evitar que en un intervalo de tiempo como el correspondiente a nuestro trabajo, sujeto a oscilaciones eustáticas rápidas y de signo contrario, se produjeran errores de interpretación de la secuencia por ejemplo debidos a discordancias erosivas.

Finalmente conviene señalar que tanto la estratigrafía sísmica como la caracterización micropaleontológica de los sondeos estudiados serán la base que permitirá en un futuro establecer la columna estratigráfica para la zona. Para ello es necesario contar con sedimentos como los existentes en otras partes del Golfo Ártabro con un componente limoso mucho más adecuado para la conservación de otro tipo de datos micropaleontológicos, (diatomeas, polen), además de los foraminíferos para establecer los cambios en el contexto paleoecológico del Golfo Ártabro durante el Pleistoceno.

Como ya se aclaró en el Capítulo V, los sondeos estudiados se han agrupado dentro del Golfo Ártabro en los dominios siguientes: Doniños (A1), Ferrol (A2), Ares (B), Coruña Ría (D), Orzán (C) y Sabón-Punta Langosteira (E). Se ha seguido la nomenclatura utilizada en el informe mencionado, (MOPU 1990), con el fin de permitir una mayor facilidad en la comprobación de los datos originales con los proporcionados por este trabajo. En la campaña previa de sísmica de refracción realizada por el MOPU, (1990), se pudo detectar que, en zonas determinadas del área de trabajo, espesores anómalos en las isopacas, (caso de Doniños o la parte externa de la Ría de Ferrol) en donde se han determinado varias áreas con más de 40 metros de sedimentos. Sin embargo, aun siendo nuestra idea inicial estudiar las secuencias lo más largas, sólo ha sido posible acceder a los 5 m finales de estas, en principio, secuencias más potentes. Sin embargo, tan solo existe información para un caso, Doniños (A1), donde fue posible realizar, sondeos a rotación de la secuencia completa hasta alcanzar el sustrato rocoso. Los datos previos, (geofísicos y eléctricos), (VIDAL ROMANÍ et alii 2000), hacían pre-

ver un espesor de al menos 40 m mientras que la realidad reveló una secuencia menos potente, (unos 20 metros de espesor). En Doniños se realizaron 3 sondeos en la zona emergida y 5 sondeos en la zona sumergida. Los 3 primeros no corresponden a los trabajos realizados en esta Tesis Doctoral aunque la complementan y por eso se hace mención a ellos aquí e incluso aparecen en los mapas de sondeos seleccionados. Lo mismo sucede con los sondeos correspondientes a Seselle (3) y el sondeo de Porta Real que también aparecen señalados en la cartografía adjunta.

De las 5 zonas seleccionadas, (ver Fig. 9.0), se estudiaron 12 sondeos de los que sólo se presentan diagramas de distribución de foraminíferos para 8 en razón de la representatividad del registro micropaleontológico que en cualquier caso siempre existe aunque no en todos los casos en la abundancia requerida para este tipo de trabajos. Los sondeos representados son los siguientes: 1 sondeo en Ferrol, 1 sondeo en Ares, 3 sondeos en Coruña, 1 sondeo en la Ensenada del Orzán y por último, 1 sondeo en el tramo Sabón-Punta Langosteira, (además de los mencionados 3 del lagoon de Doniños, 3 del lagoon de Seselle y uno de Porta Real. Todos son sondeos submarinos no superándose nunca, como antes se aclaró, los 5 m de longitud, (ver Fig. V.1). Las profundidades a las que se sitúan los techos de los sondeos submarinos varían entre -30m y 0 m, por lo que se corresponden con diferentes partes de la secuencia holocena en la zona, (como lo prueban adicionalmente las dataciones realizadas).

#### IX.2. Zona A 1. Doniños

Se sitúa en un entrante situado al Oeste de Ferrol entre los accidentes geográficos de Cabo Prior y Punta Penencia. Los sondeos correspondientes a la campaña original, (MOPU 1990), se situaron todos frente al complejo de playa-barrera de Doniños. Inicialmente la zona había sido cartografiada por el ITGE, (VIDAL et alii 2000) como una zona con anomalías de sedimentación notables identificándose como una fosa de probable edad terciaria. Los sondeos eléctricos realizados, (VIDAL et alii 2000), dieron espesores para la cubierta sedimentaria de hasta 40 m. De igual manera, (MOPU 1990), los sondeos sísmicos dieron espesores aun mayores (hasta 60 m o más). Se han seleccionado para su estudio micropaleontológico detallado los siguientes sondeos: C-25, C-28, C-29, C-22 y C-31.

Además se incluye la posición de los sondeos llamadas DON1, DON2 y DON 3 realizados en el trabajo aludido (VIDAL et alii 2000), y del que se hace referencia en el texto precedente.

Las coordenadas de la zona se sitúan entre 43° 30' y 43° 29' Latitud Norte y entre 4° 37' y 4° 40' de Longitud Oeste.

Se presentan también, (Fig.9.2 a 9.6), cortes estratigráficos realizados por sísmica de refracción que indican el carácter transgresivo de la secuencia estudiada.



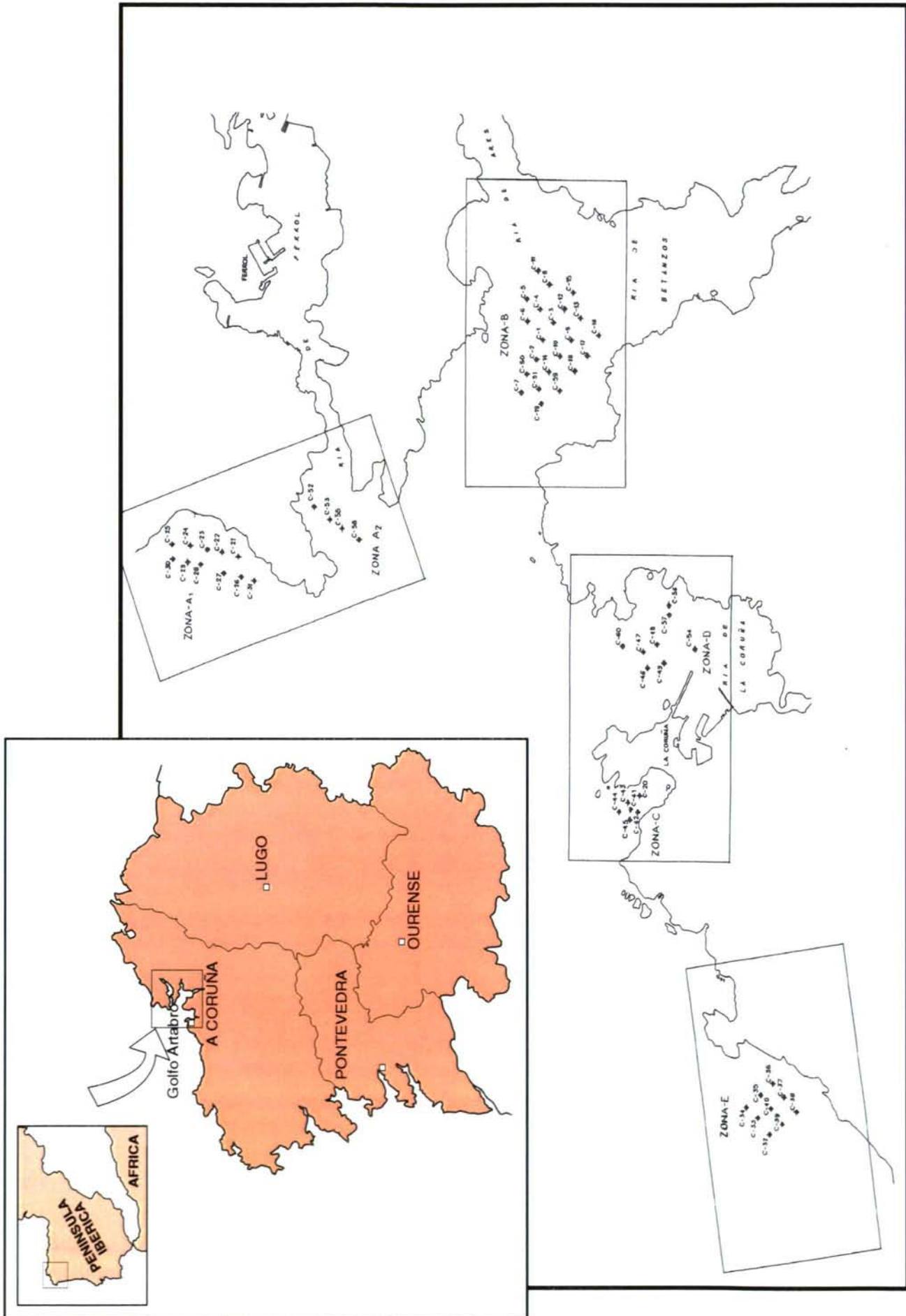
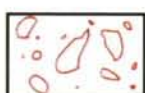


Fig.9.0. Situación general del área de trabajo con situación de las zonas A1, A2, B, C, D y E en donde se realizaron sondeos (MOPU, 1990)

## LEYENDA



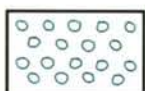
(CC) COSTRA CALCÁREA



(G) GRAVAS



(AMG) ARENA MUY GRUESA



(AG) ARENA GRUESA



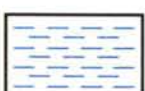
(AM) ARENA MEDIA



(AF) ARENA FINA



(AMF) ARENA MUY FINA



(F) FANGO

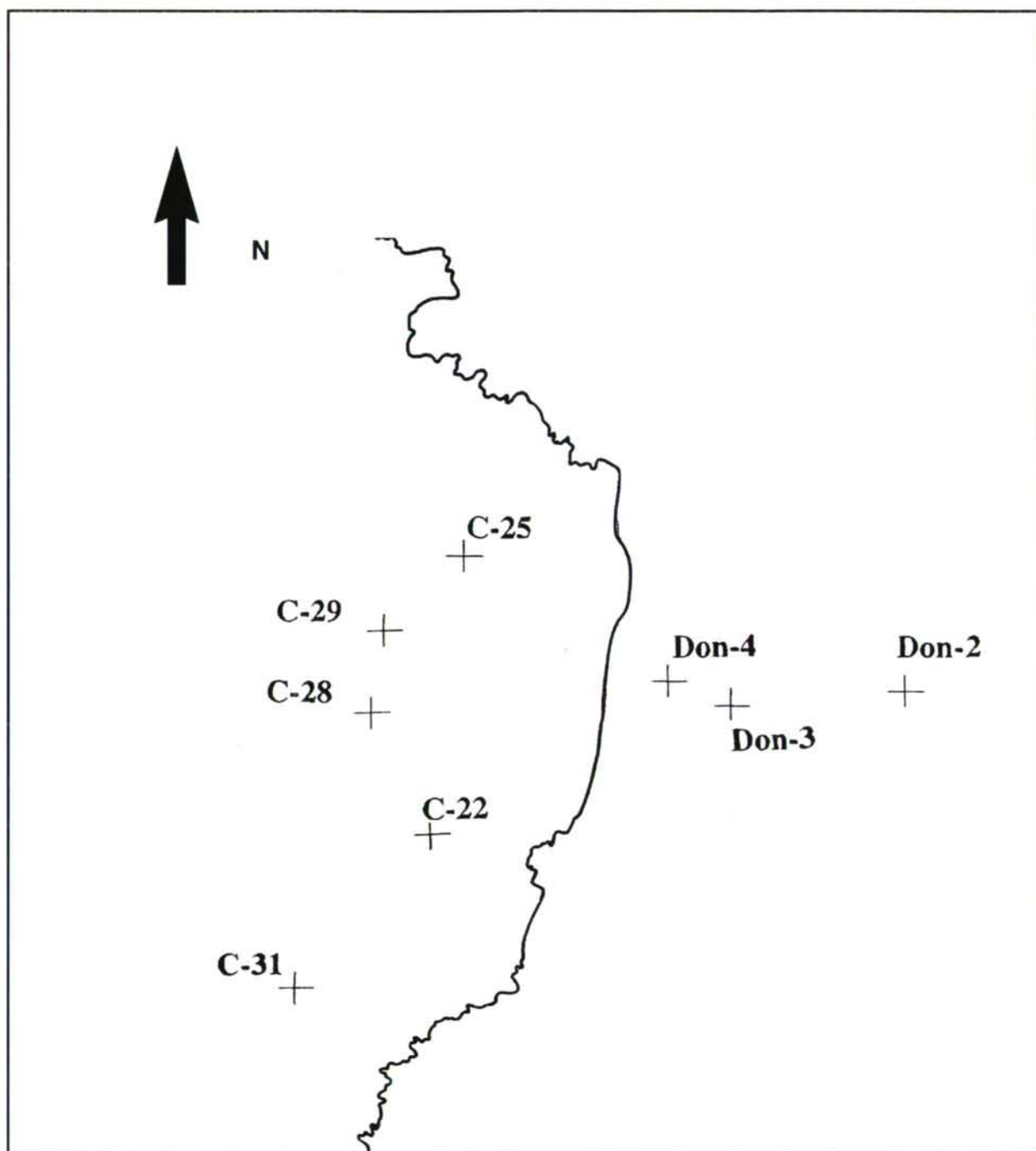


Fig.9.1. Situación de los sondeos estudiados en las zonas A1 y A2 entre el lagoon de Doniños y la boca de la Ría de Ferrol. Los sondeos Don1, 2 y 3 se mencionan en el texto y corresponden a otro trabajo (VIDAL et alii 2000).



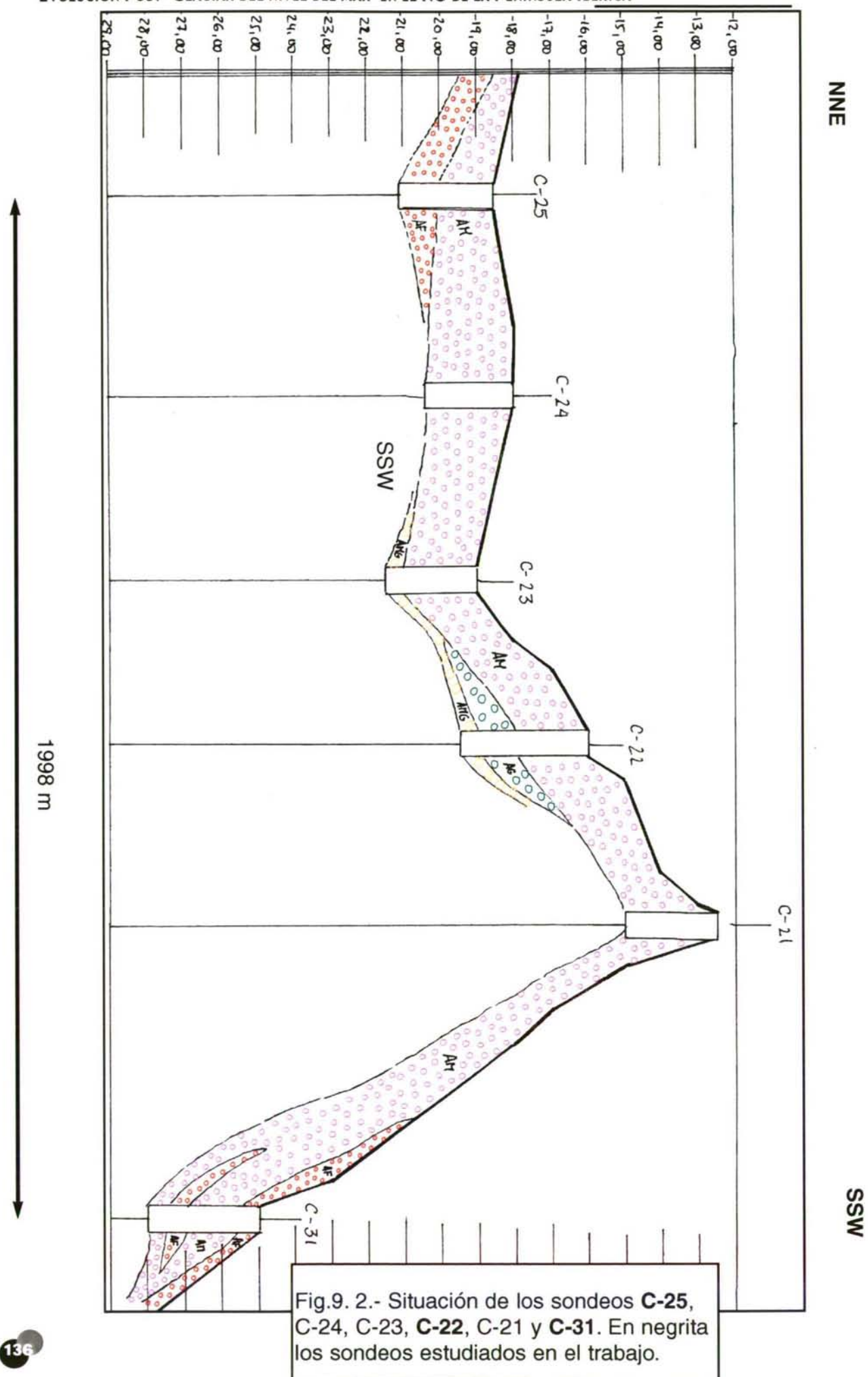


Fig.9. 2.- Situación de los sondeos **C-25**, **C-24**, **C-23**, **C-22**, **C-21** y **C-31**. En negrita los sondeos estudiados en el trabajo.

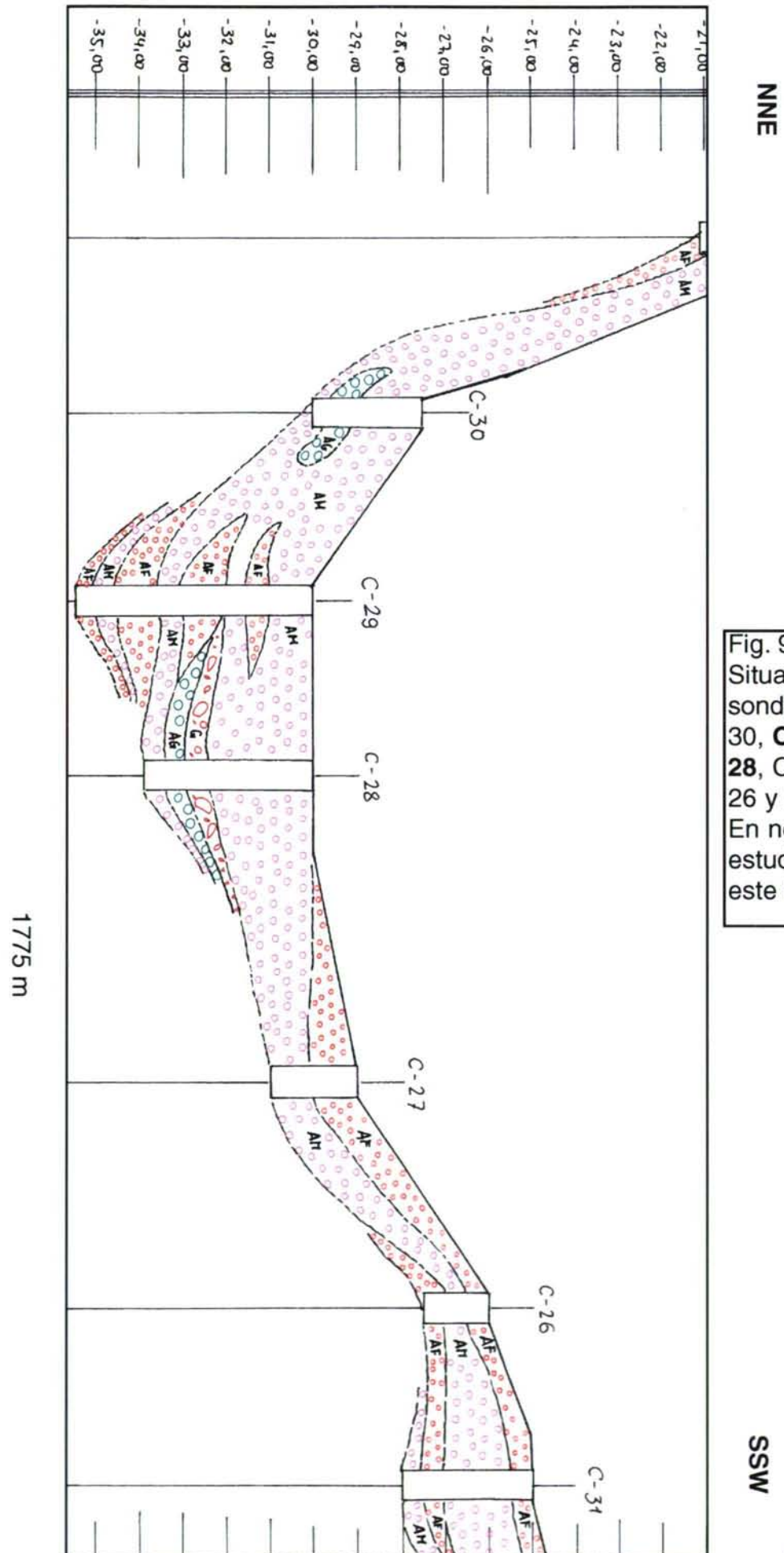


Fig. 9.3.  
Situación de  
sondeos C-  
30, **C-29**, **C-  
28**, C-27, C-  
26 y **C-31** .  
En negrita los  
estudiados en  
este trabajo

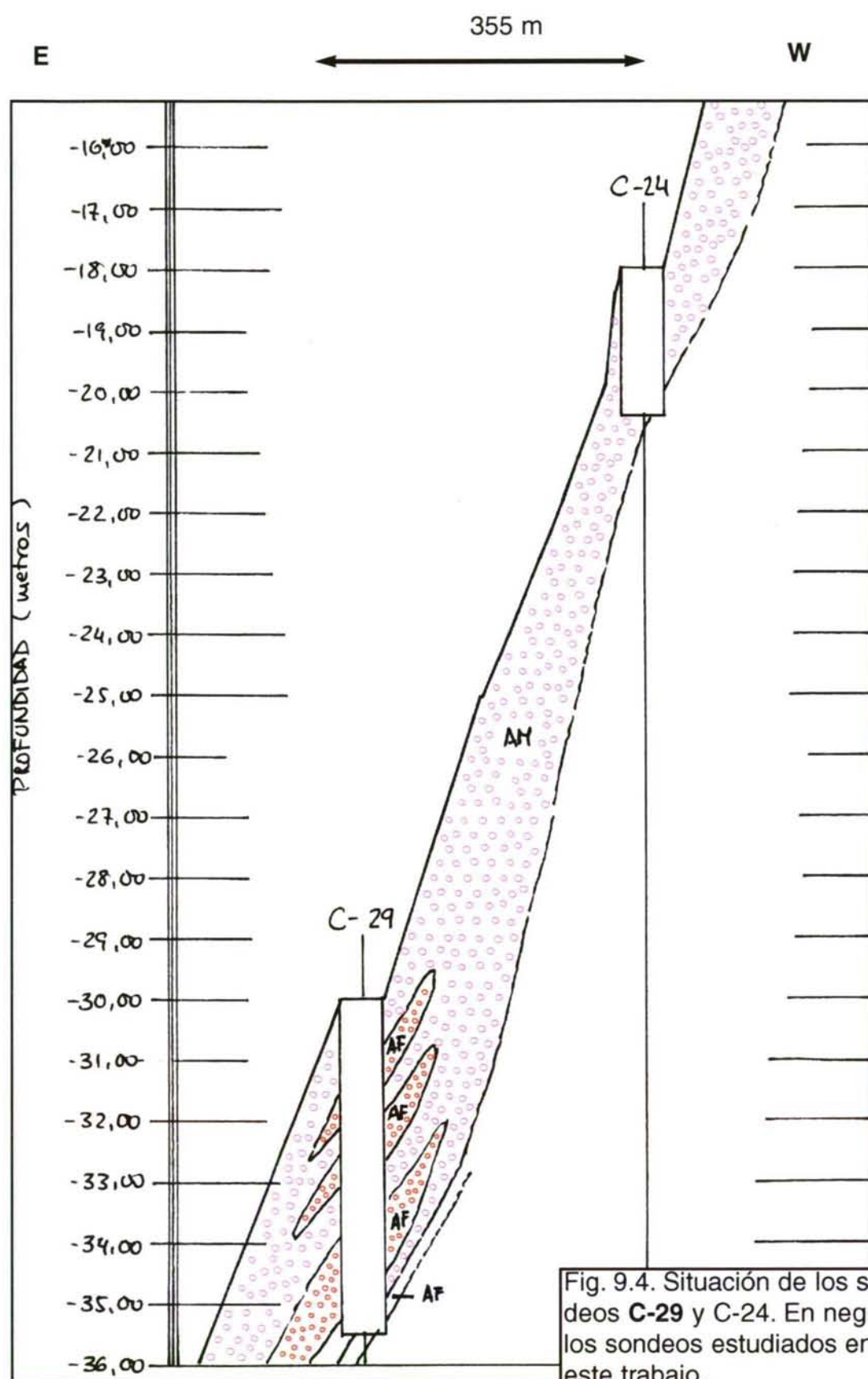
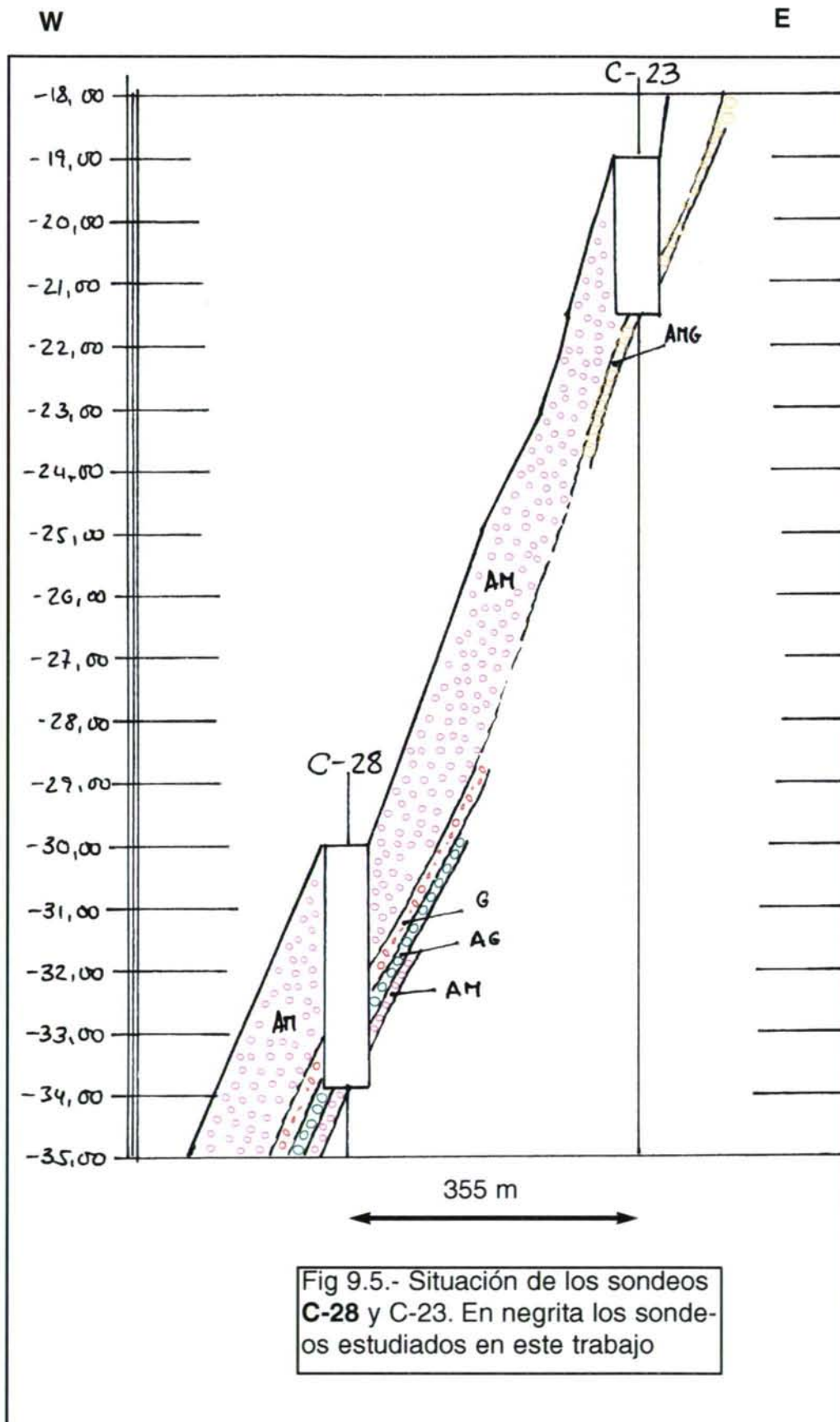


Fig. 9.4. Situación de los sondeos **C-29** y **C-24**. En negrita los sondeos estudiados en este trabajo.





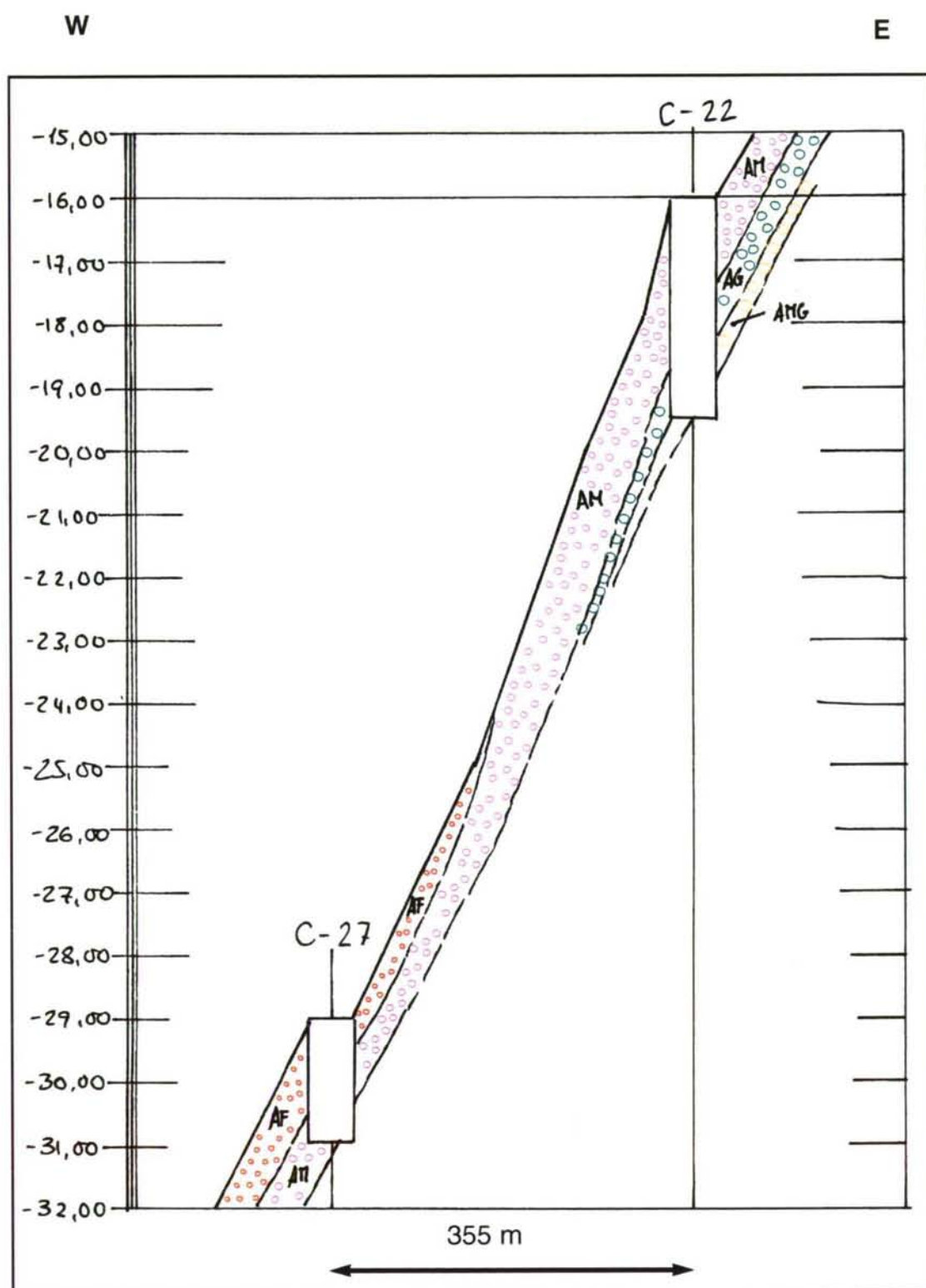


Fig. 9.6.- Situación de los sondeos C-27 y **C-22**. En negrita los sondeos estudiados en este trabajo.

## IX.3. Zona A2. Ría de Ferrol

Se sitúa en la boca de la Ría de Ferrol entre la Punta de San Cristobal y el Cabo Prioriño con las coordenadas geográficas  $43^{\circ} 28' 7''$  a  $43^{\circ} 27'$  de Latitud Norte y  $4^{\circ} 37' 4''$  a  $4^{\circ} 39'$  de Longitud Este. De todos los sondeos realizados se seleccionó el C-52, (ver Fig. 9.1). Asimismo se presenta un corte realizado por estratigrafía sísmica en la zona (Fig. 9.7) en donde se puede apreciar la disposición transgresiva de las unidades definidas. En la zona se había señalado la existencia (MOPU 1990) de una secuencia sedimentaria con espesores anómalos que superan los 60 m de potencia.

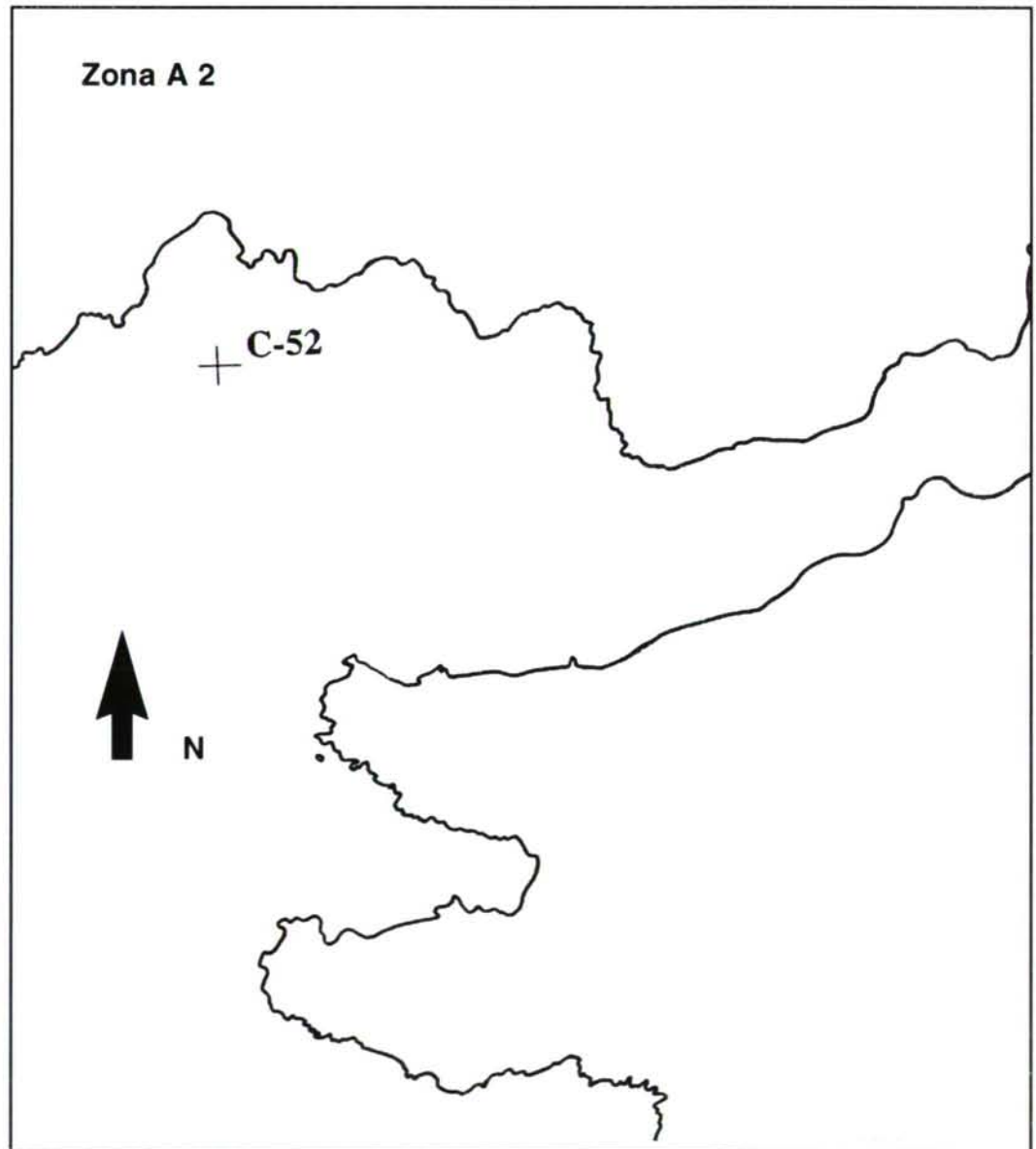


Fig. 9.7. Situación de la Zona A2 en la boca de la Ría de Ferrol



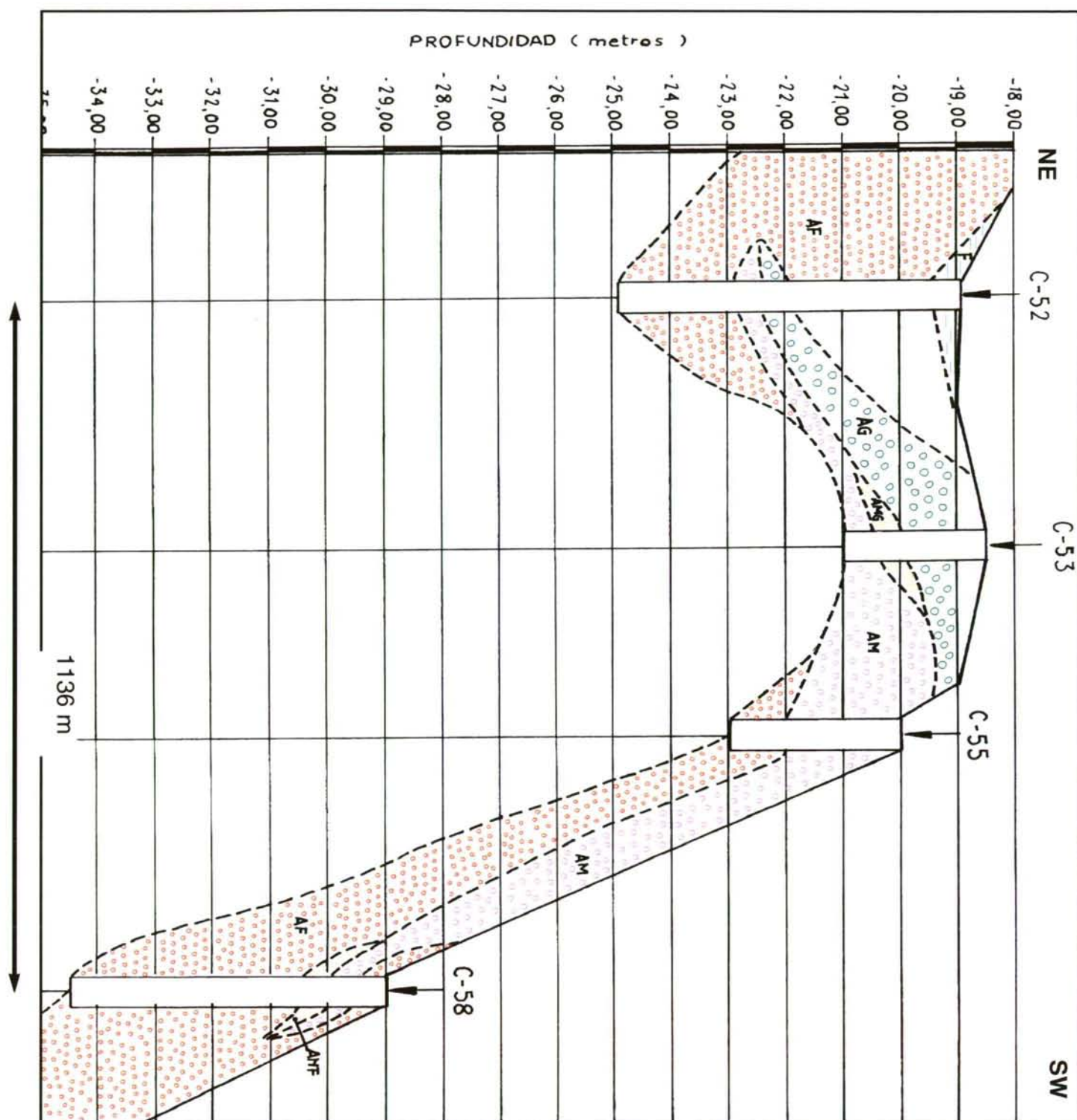


Fig. 9.8. Situación de los sondeos **C-52**, **C-53**, **C-55**, y **C-58**. En negrita aparecen los sondeos estudiados en este trabajo

## IX.3. Zona B Ría de Ares-Seselle.

Se sitúa en el interior de la Ría de Ares, al Sur de la población de Ares y comprendido en su totalidad en la Ensenada del mismo nombre. Las coordenadas geográficas son  $43^{\circ} 26'$  y  $43^{\circ} 25'$  de latitud Norte y  $4^{\circ} 31'$  y  $4^{\circ} 33'$  de latitud Este. De todos los sondeos realizados (MOPU 1990), se ha seleccionado únicamente el C-6, que en el texto aparece referenciado como VC 6. Se trata del sondeo más completo ya que incluye una parte basal de origen continental (suelo sobre esquistos), que permite realizar una de las mejores referencias paleobatimétricas aportadas por esta Tesis Doctoral. Se incluye también (Fig. 9.9), la ubicación de otros tres sondeos S-1, S-2 y S-3, correspondiente a un trabajo previo (SANTOS & VIDAL ROMANÍ 1993), cuyos resultados se mencionan en el texto, por su importancia en la interpretación del comportamiento del nivel del mar durante el intervalo de tiempo estudiado en este trabajo.

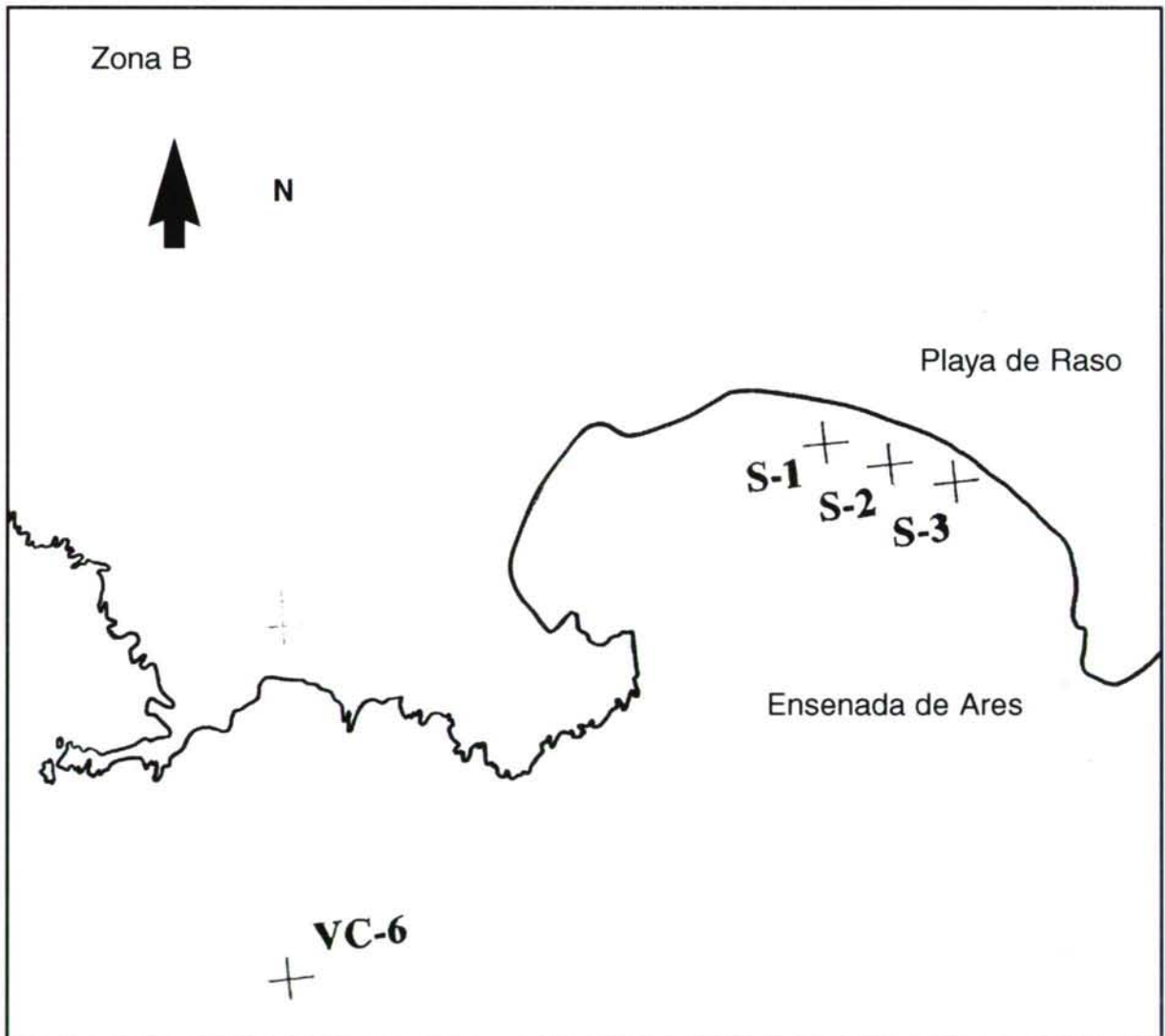


Fig. 9.9. Situación de la Zona B dentro de la Ría de Ares.

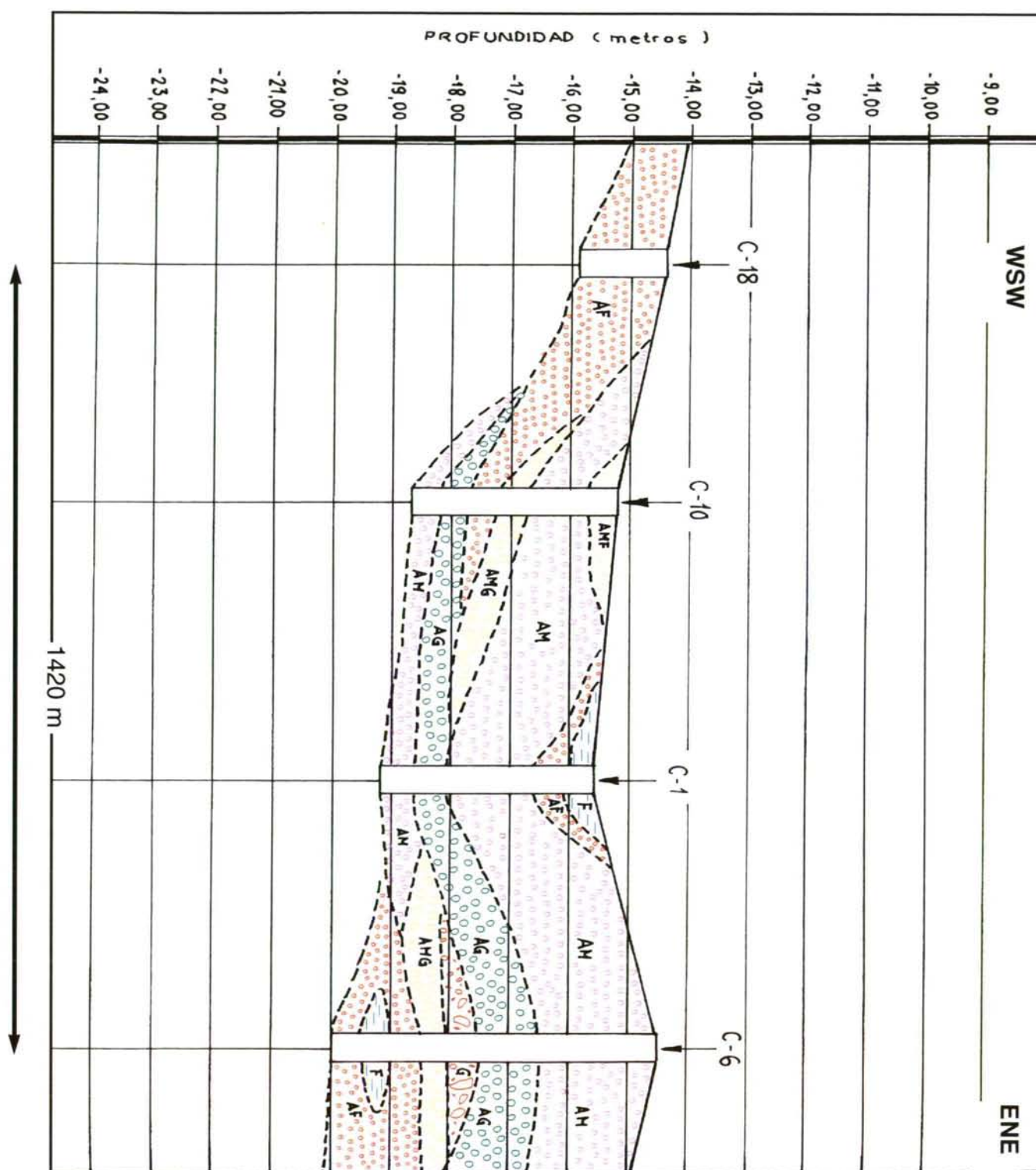


Fig. 9.10. Situación de los sondeos C-18, C-10, C-1 y **C-6**. En negrita aparecen los sondeos estudiados en este trabajo.



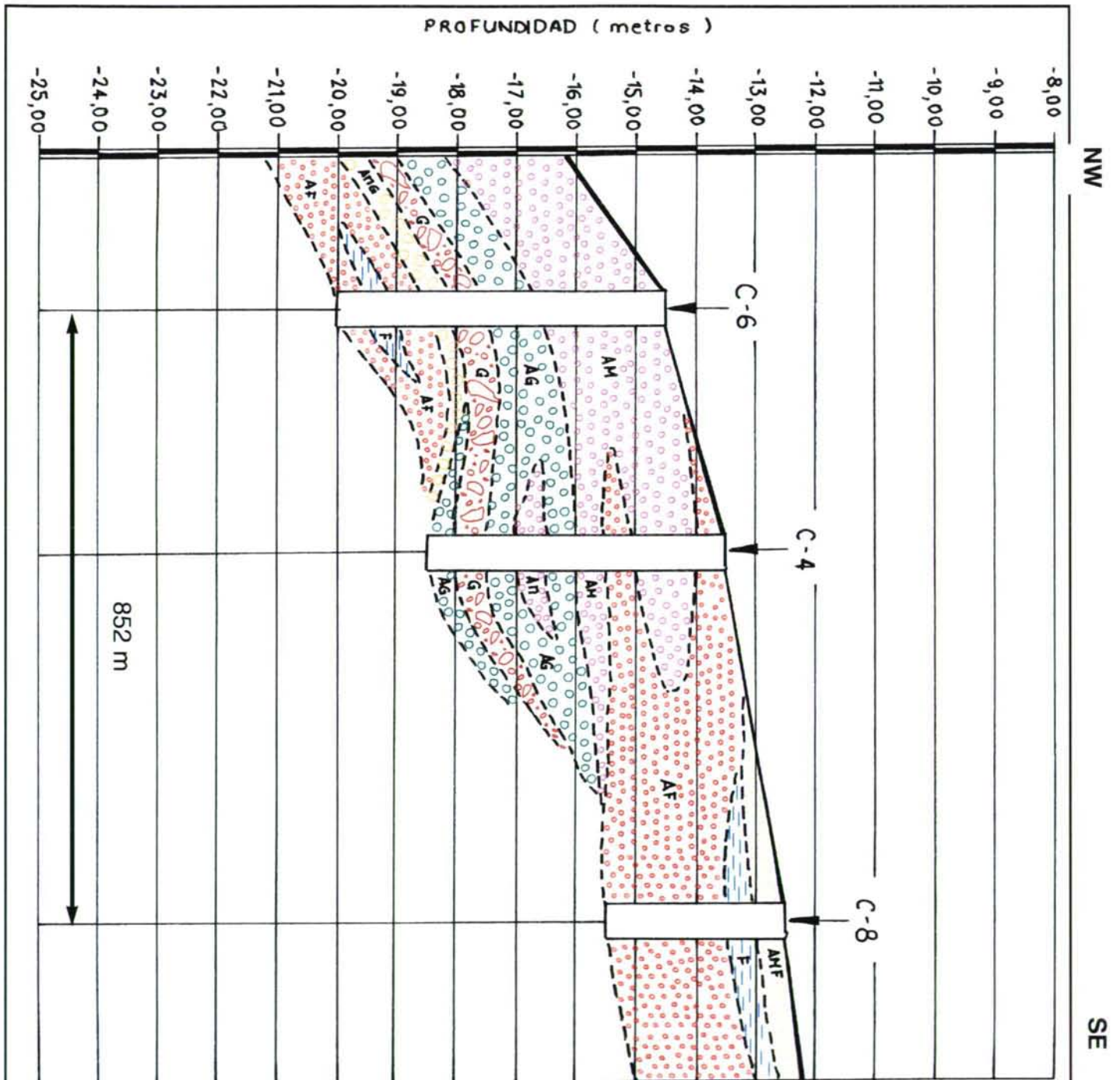


Fig. 9.11. Situación de los sondeos **C-6**, **C-4** y **C-8**. En **negrita** aparece señalado el sondeo estudiado en este trabajo

IX. 4. Zona C. Orzán.

Se sitúa , (Fig. 9.12), en la Ensenada de Orzán, al Oeste de la Ciudad de A Coruña. Sus límites geográficos son  $43^{\circ} 23'$  y  $43^{\circ} 222'$  de Latitud Norte y  $4^{\circ} 45'$  y  $4^{\circ} 43'$  de Longitud Este. De todos los sondeos realizados se ha seleccionado únicamente el C-42 por la buena recuperación del testigo correspondiente.

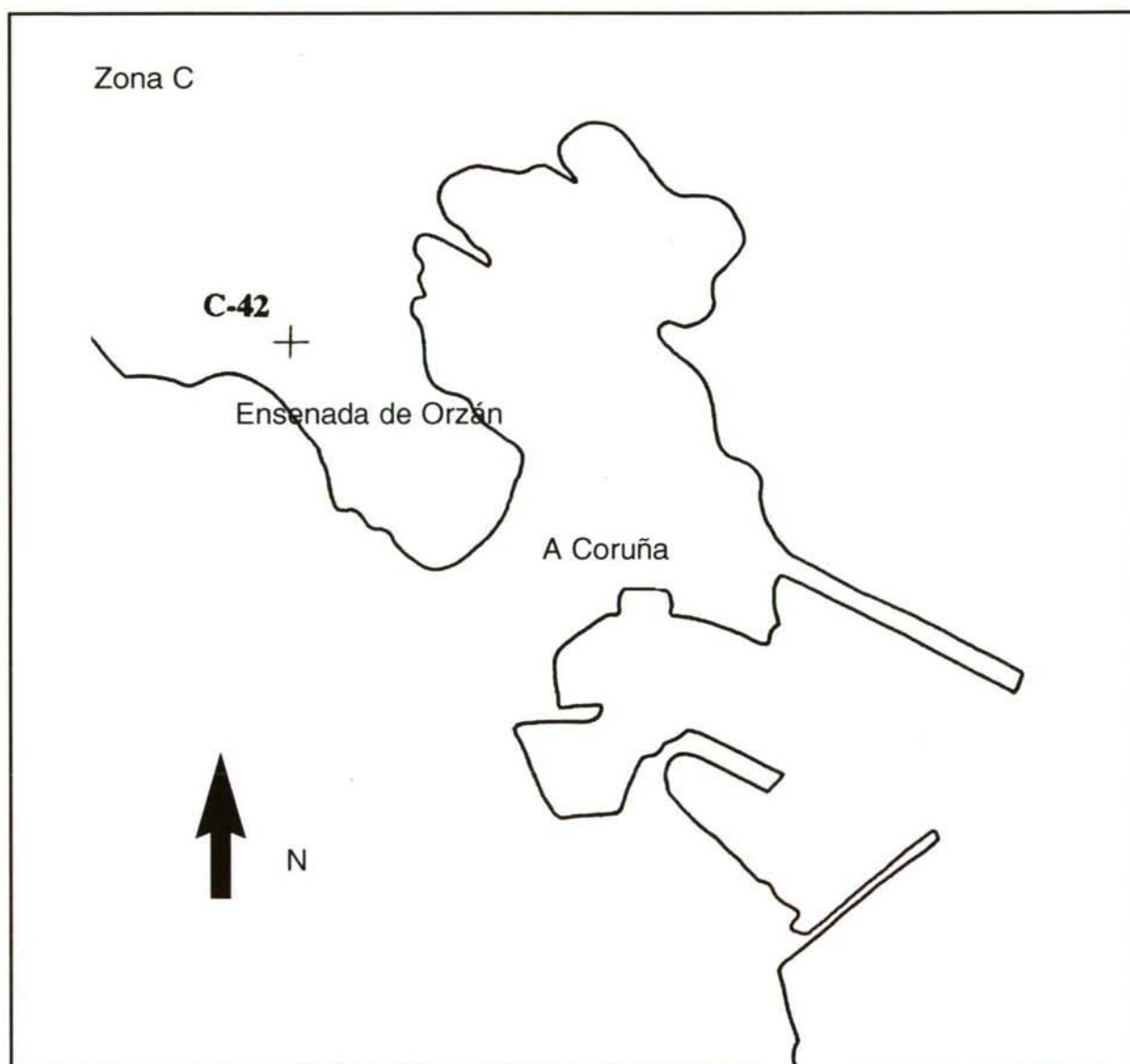
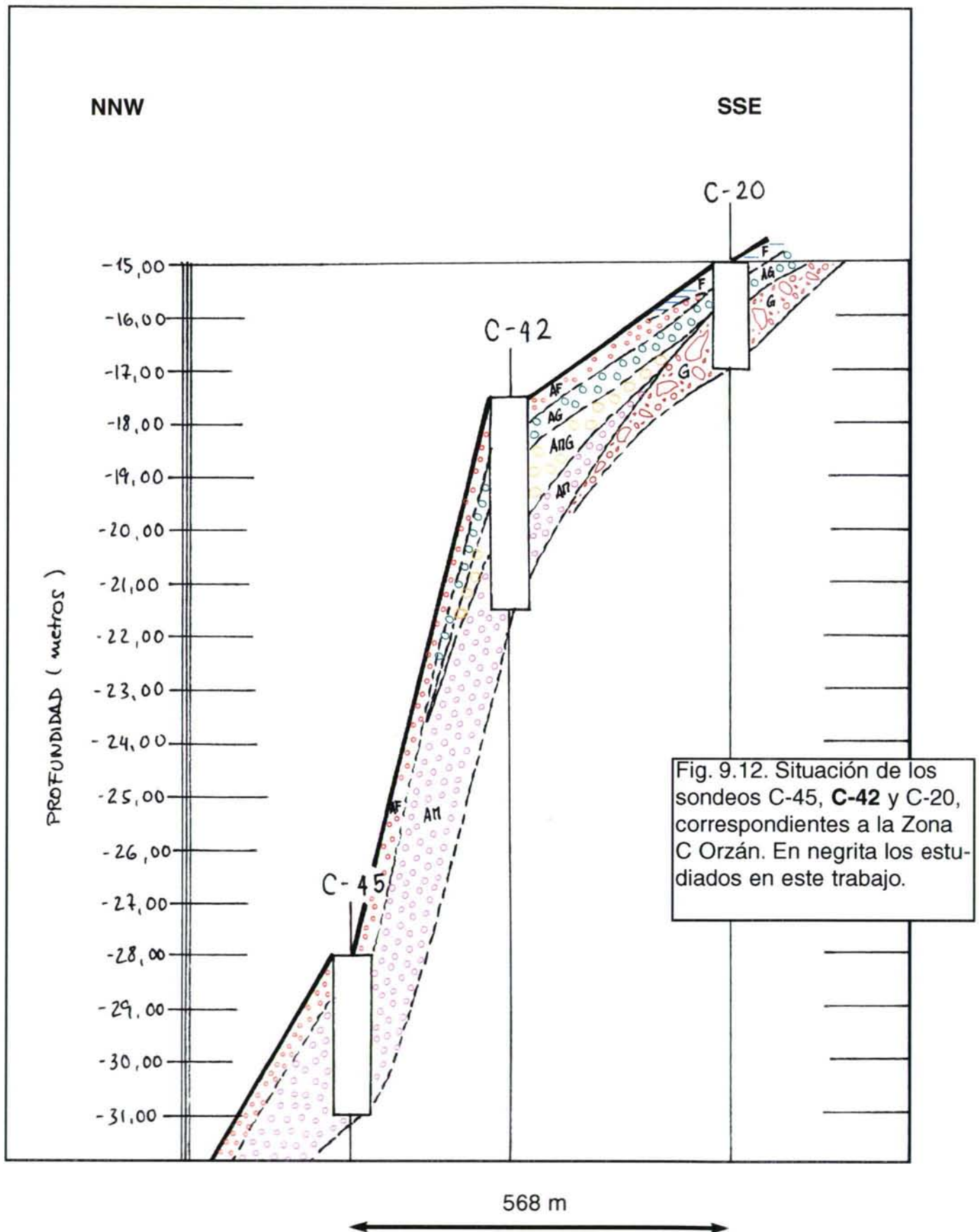


Fig. 9.11. Situación del Sondeo C-42 en la Ensenada de Orzán, (Coruña).





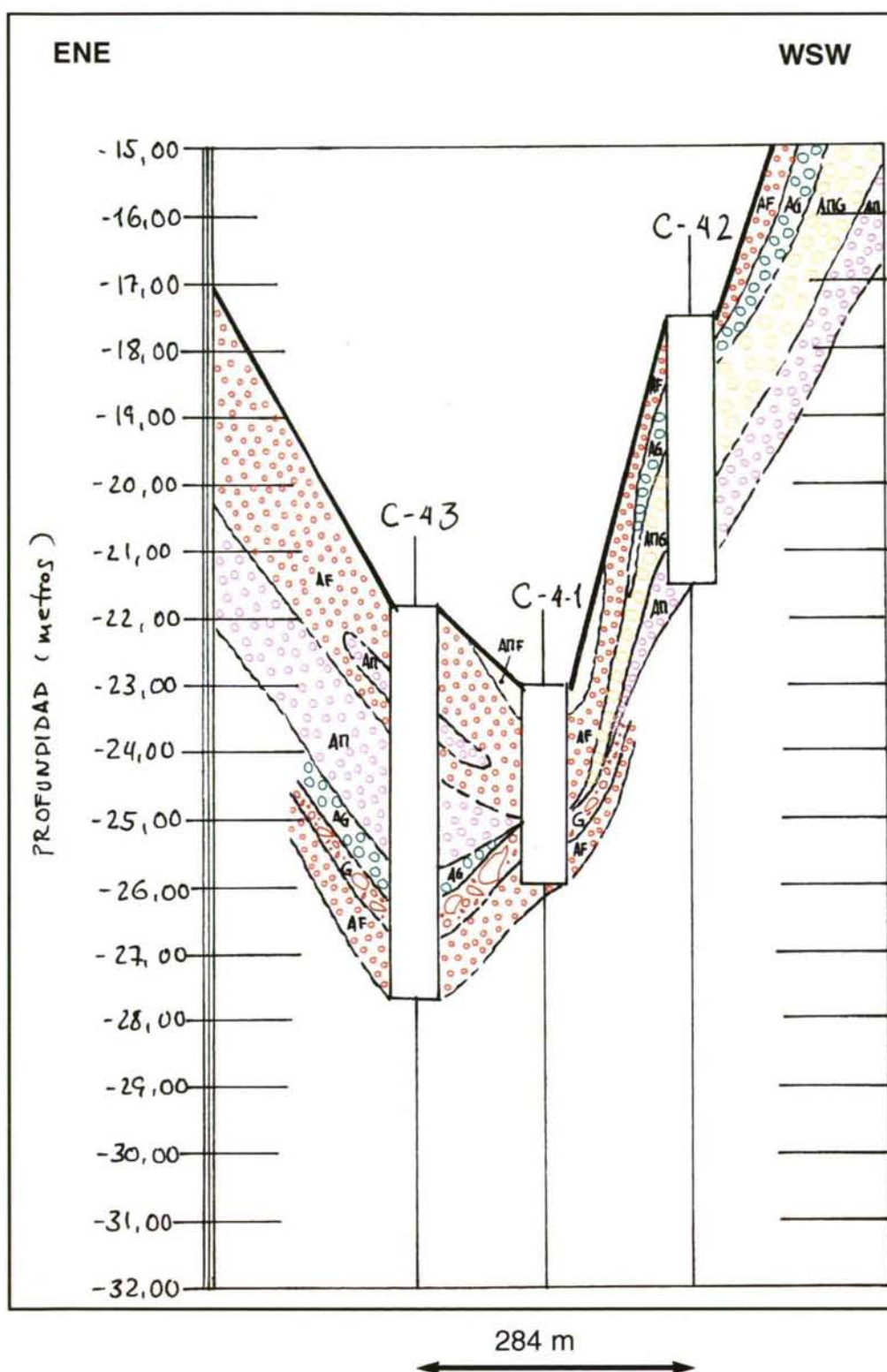


Fig. 9.13. Situación de los sondeos C-43, C-41 y **C-42** correspondientes a la zona C Orzán. En negrita los sondeos estudiados en este trabajo.

## IX.5. Zona D (Ría de Coruña).

Se sitúa, (Fig. 9.14) al Este de la Ciudad de Coruña entre las coordenadas geográficas  $43^{\circ} 22'$  y  $43^{\circ} 23'$  de Latitud Norte y entre las  $4^{\circ} 39'$  y  $4^{\circ} 43'$  de Longitud Este. Se trata de la zona de la Ría con profundidades iguales o superiores a los 20 m. De todos los sondeos realizados (MOPU 1990), se han seleccionado únicamente 2. El C-49 y el C-60, que se estiman no obstante representativos de la serie determinada por estratigrafía sísmica. Además se representa la situación de un sondeo P.R.1 (Porta Real) no realizado para la Tesis Doctoral pero incluido en la Discusión por su relación con ella, (ver MOSQUERA et alii 1994).

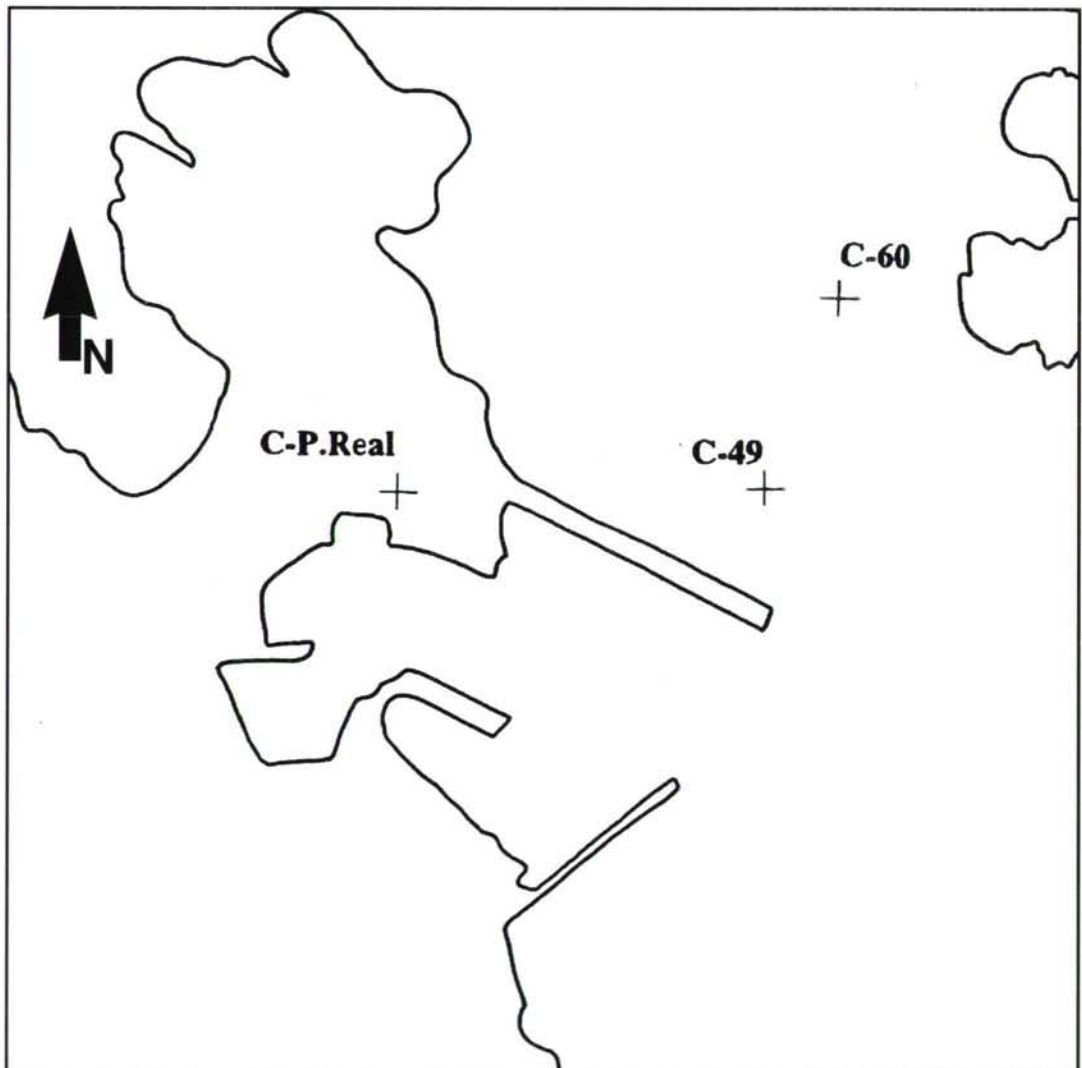


Fig.9.14. Situación de los sondeos **C-49**, **C-60** y **P.R.** (Porta Real). Aparcen señalados en negrita los estudiados en esta Tesis Doctoral.

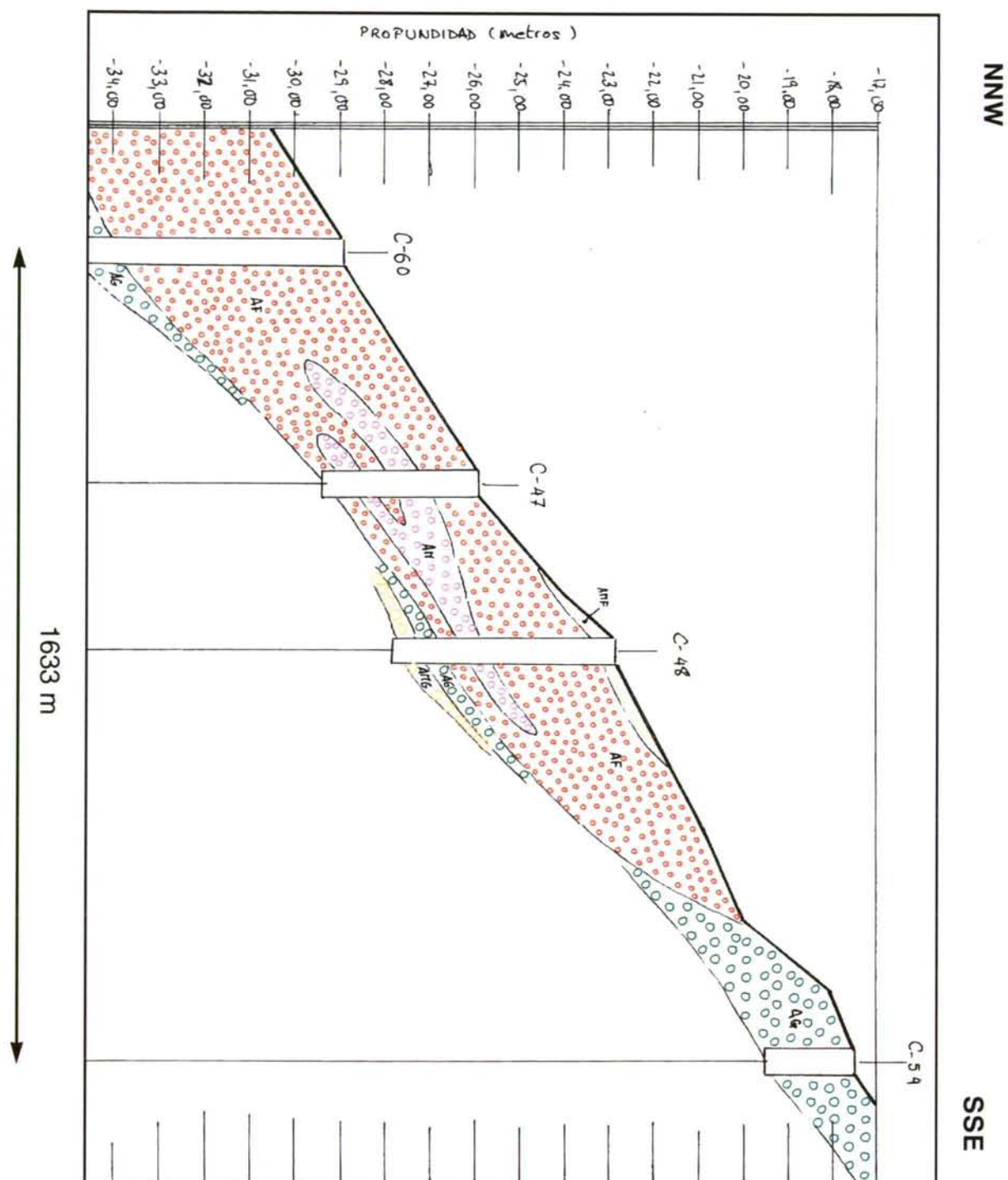


Fig. 9.15. Situación de los sondeos **C-60**, C-47, C-48 y C-54. En negrita los sondeos estudiados en este trabajo.



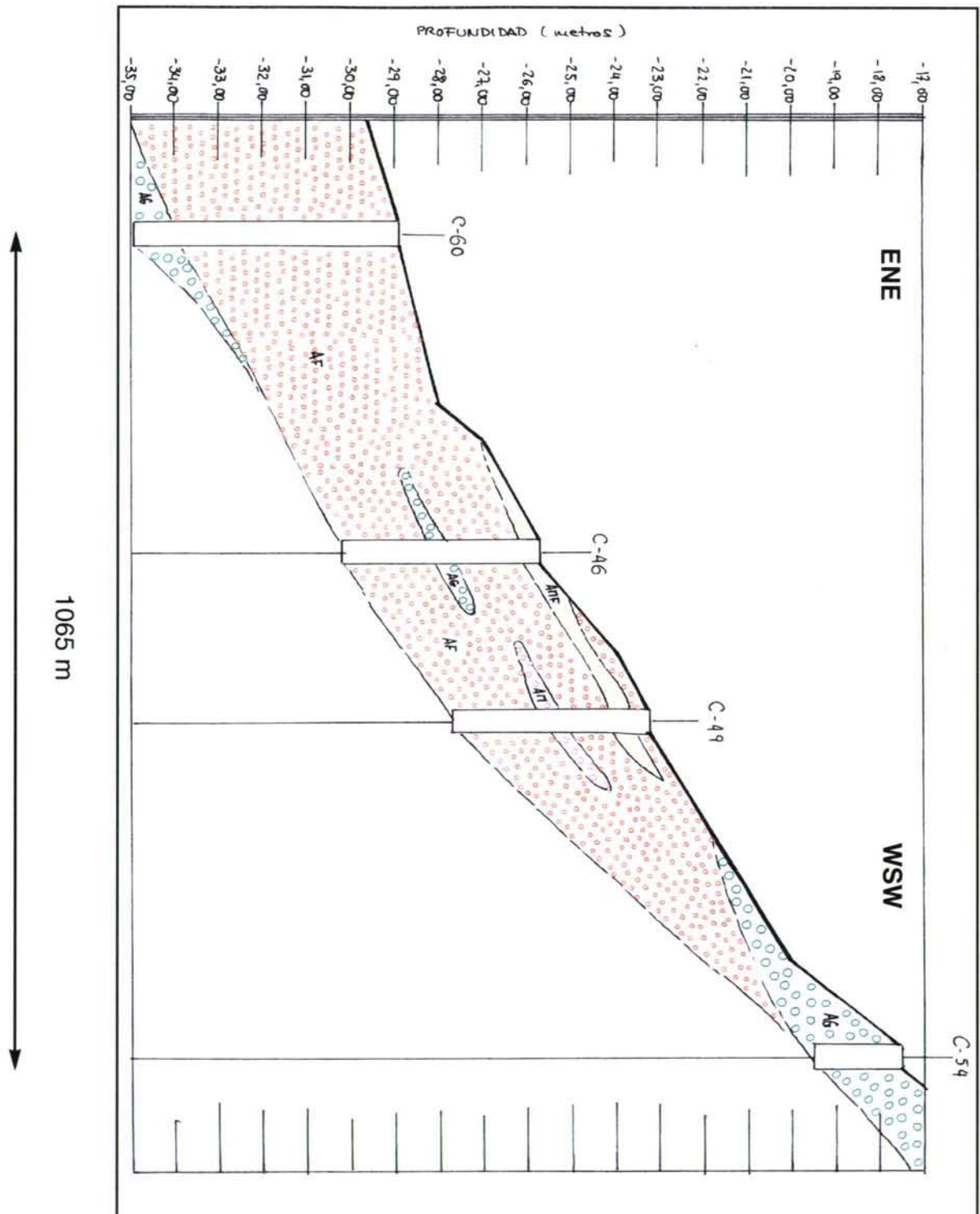


Fig. 9.16. Situación de los sondeos **C-60**, **C-46**, **C-49** y **C-54**. En negrita aparecen señalados los sondeos estudiados en este trabajo.



Fig. 9.17. Situación de los sondeos **C-49**, **C-48**, **C-57** y **C-56**. En negrita aparecen señalados los sondeos estudiados en este trabajo.

## IX.6. Zona E (Punta Langosteira-Sabón).

Se sitúa, (Fig. 9.18) al Suroeste de la Ciudad de Coruña entre las coordenadas geográficas  $43^{\circ} 22'$  y  $43^{\circ} 20'$  de Latitud Norte y entre las  $4^{\circ} 50'$  y  $4^{\circ} 49'$  de Longitud Este. Se trata de una zona externa a la de Rías, similar a la de Doniños (A1). De todos los sondeos realizados (MOPU 1990), se ha seleccionado únicamente 1. El C-35 que se estima representativo de la serie determinada por estratigrafía sísmica.

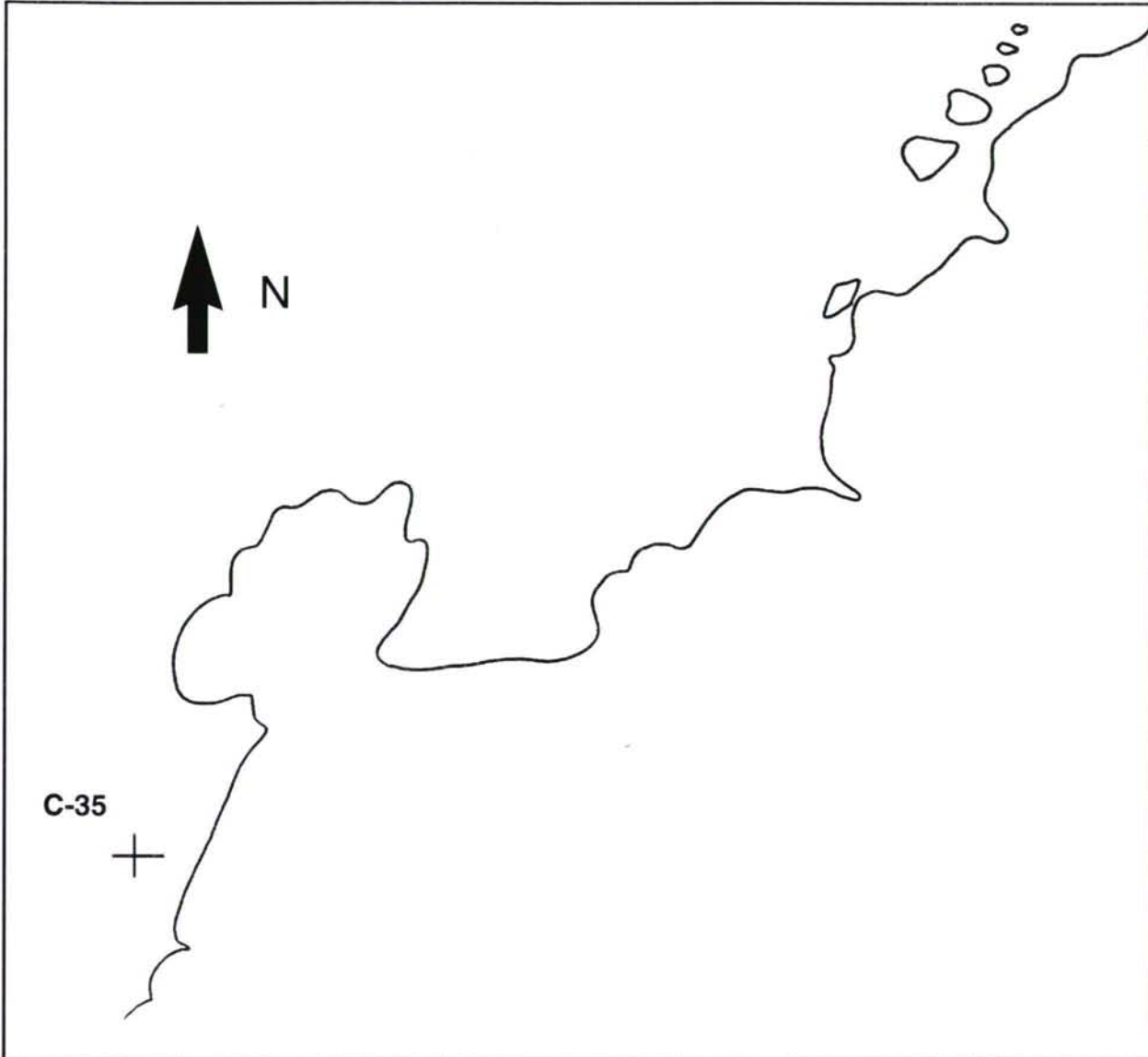


Fig. 9.18. Situación de los sondeos estudiados en la zona E (Sabón-Punta Langosteira)



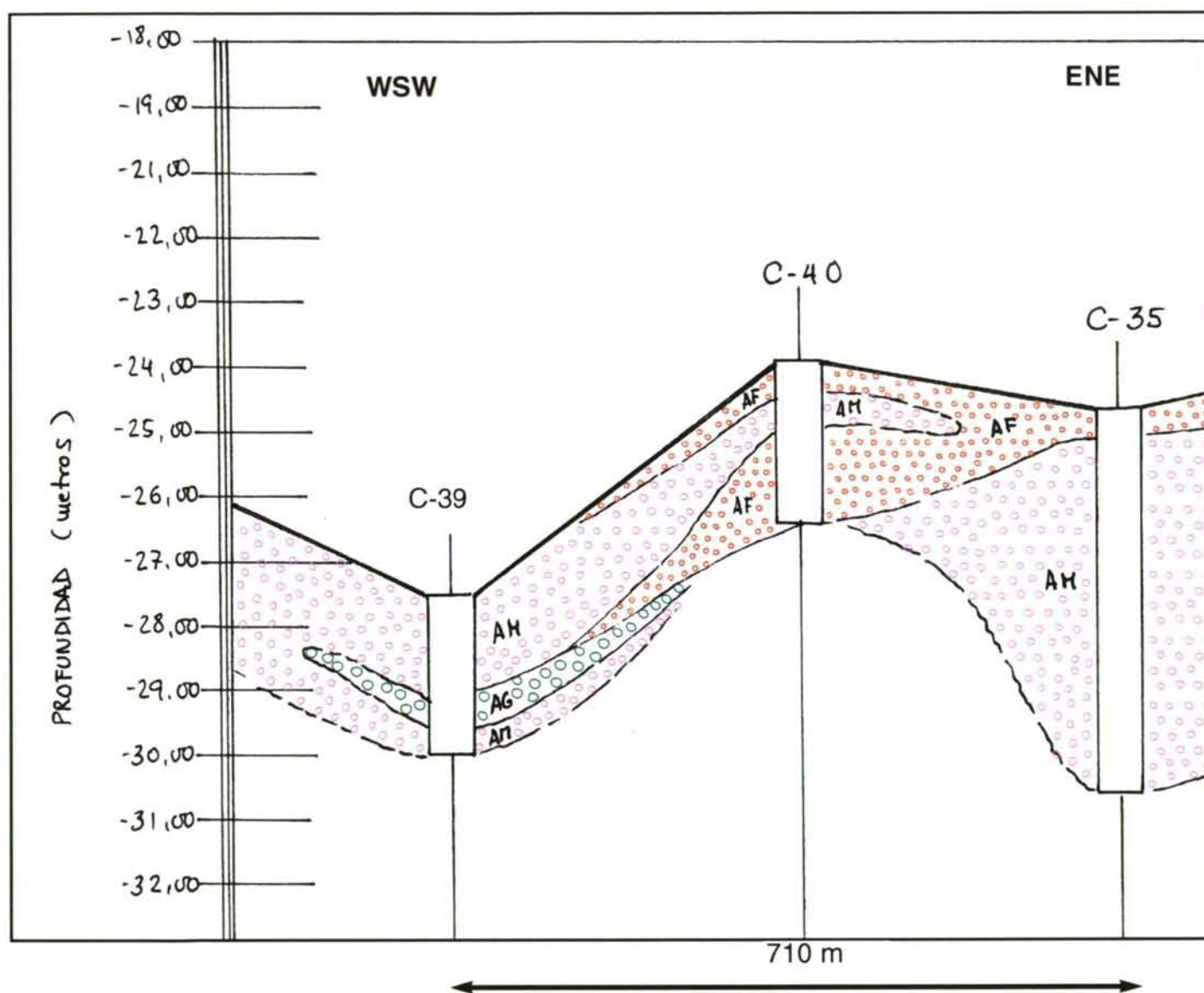


Fig. 9.19. Situación de los sondeos **C-35**, C-39, y C-40. En negrita aparecen señalados los sondeos estudiados en este trabajo.

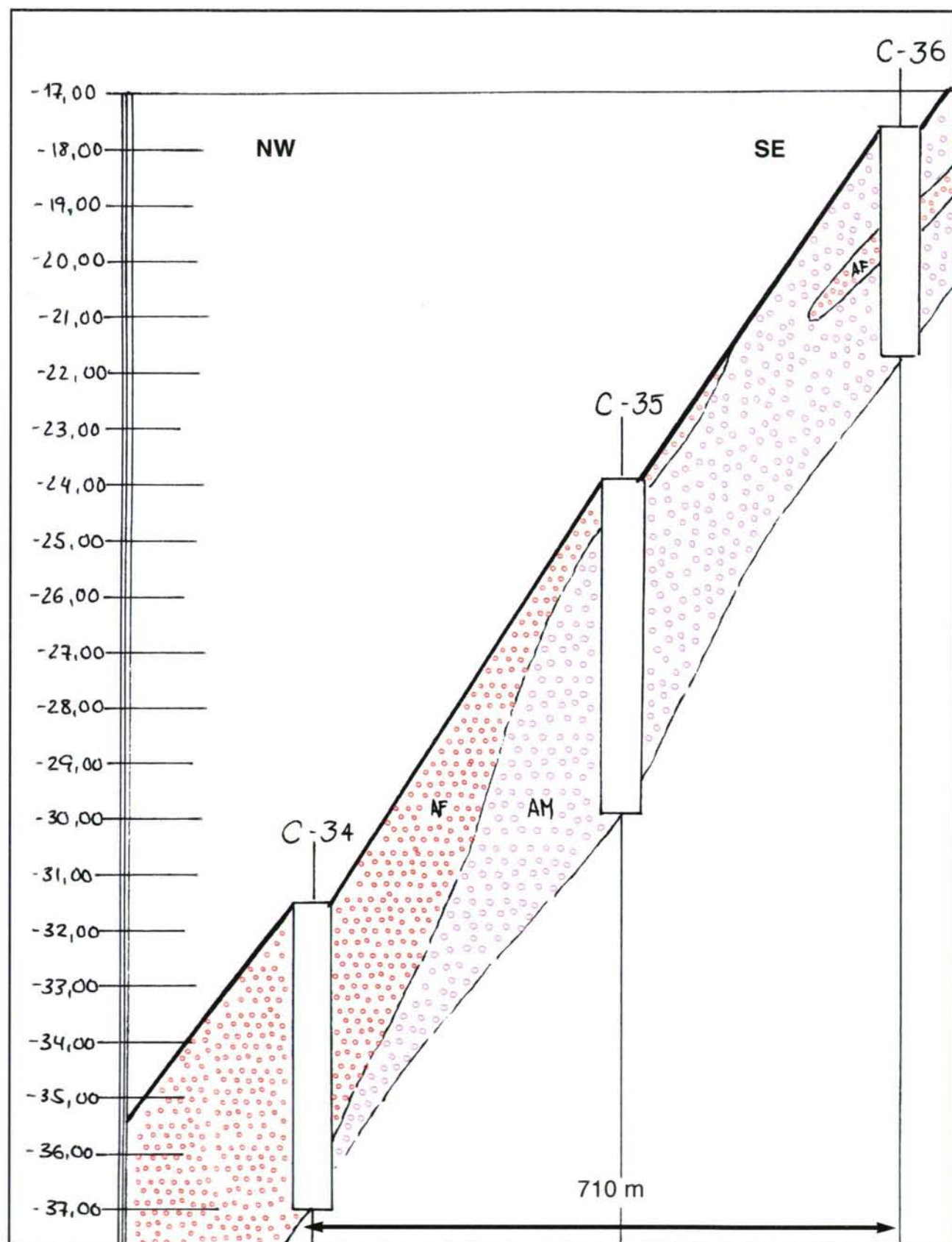


Fig.9. 20. Situación de los sondeos **C-35**, **C-34**, **C-36**. En negrita aparecen señalados los sondeos estudiados en este trabajo.





ANEXO 1.

FOTOGRAFÍAS

## PLANCHA 1

Foto 1- *Fissurinaorbignyana* SEGUENZAFoto 2-*Lenticulina orbicularis* d'ORBIGNYFoto 3-*Haynesia germanica* ERENBERGFoto 4-*Rosalina globularis* d'ORBIGNY

## PLANCHA 2

Foto 5- *Melonis barleeaanum* WILLIAMSONFoto 6-*Acervulina Inhaerens* SHULTZEFoto 7-*Elphidium articulatum* d'ORBIGNYFoto 8-*Cassidulina obtusa* WILLIAMSON

## PLANCHA 3

Foto 9-*Rosalina globularis* d'ORBIGNYFoto 9-*Rosalina globularis* d'ORBIGNYFoto 10-*Elphidium macellum* d'ORBIGNYFoto 11- *Elphidium fitchelianum* d'ORBIGNYFoto 12-*Elphidium macellum* d'ORBIGNY

## PLANCHA 4

Foto 13-*Quinqueloculina striata* d'ORBIGNYFoto 14-*Quinqueloculina laevigata* d'ORBIGNYFoto 15-*Elphidium fitchelianum* d'ORBIGNYFoto 16-*Quinqueloculina seminula* LINNE

## PLANCHA 5

Foto 17-*Miliolinella subrotunda* MONTAGUFoto 18-*Quinqueloculina lata* TERQUEMFoto 19-*Massilina secans* d'ORBIGNYFoto 20-*Quinqueloculina vulgaris* d'ORBIGNY

## PLANCHA 6

Foto 21-*Quinqueloculina* sp.Foto 22-*Globulina myristiformis* WILLIAMSONFoto 23-*Haynesia* sp.Foto 24-*Fissurina marginata* MONTAGU

## PLANCHA 7

Foto 25-*Bolivina plicata* d'ORBIGNYFoto 26-*Trifarina angulosa* WILLIAMSONFoto 27-*Trifarina fornasini* SELLIFoto 28-*Bulimina striata* d'ORBIGNY

## PLANCHA 8

Foto 29-*Nonionella turgida* WILLIAMSONFoto 30-*Bulimina elongata* d'ORBIGNYFoto 31-*Bulimina* sp.Foto 32-*Bolivina plicata* d'ORBIGNY

## PLANCHA 9

Foto 33-*Bolivina difformis* WILLIAMSONFoto 34-*Planorbulina mediterraneensis* d'ORBIGNYFoto 35-*Globigerina bulloides* d'ORBIGNYFoto 36-*Bulimina marginata* d'ORBIGNY

## PLANCHA 10

Foto 37-*Planorbulina acervalis* BRADYFoto 38-*Planorbulina mediterraneensis* d'ORBIGNYFoto 39-*Spiroloculina excavata* d'ORBIGNYFoto 40-*Asterigerinata mamilla* WILLIAMSON

## PLANCHA 11

Foto 41-*Asterigerinata mamilla* WILLIAMSONFoto 42-*Gavelinopsis praegeri* HERON-ALLEN&EARLANDFoto 43-*Ammonia beccarii* LINNEFoto 44-*Nonion commune* d'ORBIGNY

## PLANCHA 12

Foto 45-*Nonion commune* d'ORBIGNYFoto 46- *Cibicides lobatulus* WALKER&JACOBFoto 47-*Cibicides lobatulus* WALKER&JACOBFoto 48-*Ammonia beccarii* LINNE

## PLANCHA 13

Foto 49-*Rosalina globularis* d'ORBIGNYFoto 50-*Favulina melo* d'ORBIGNYFoto 51-*Favulina melo* d'ORBIGNYFoto 52-*Elphidium articulatum* d'ORBIGNY

## PLANCHA 14

Foto 53-*Bulimina exilis* BRADYFoto 54-*Rosalina globularis* var *anglica* CUSHMAN

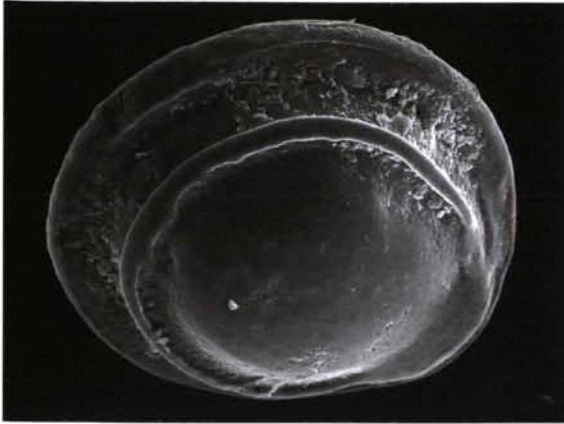


Foto 1- *Fissurina orbignyana* SEGUENZA

Foto 2- *Lenticulina orbicularis* d'ORBIGNY

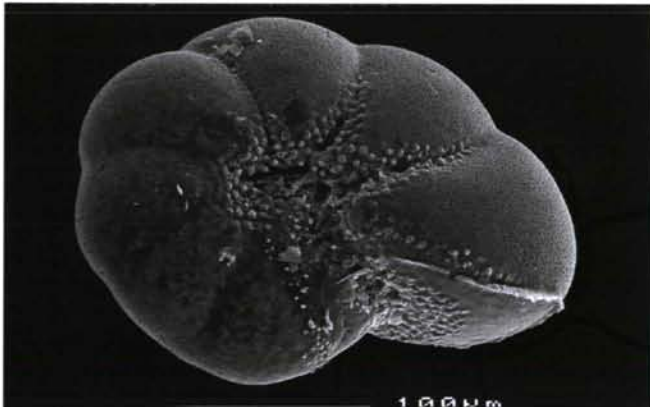
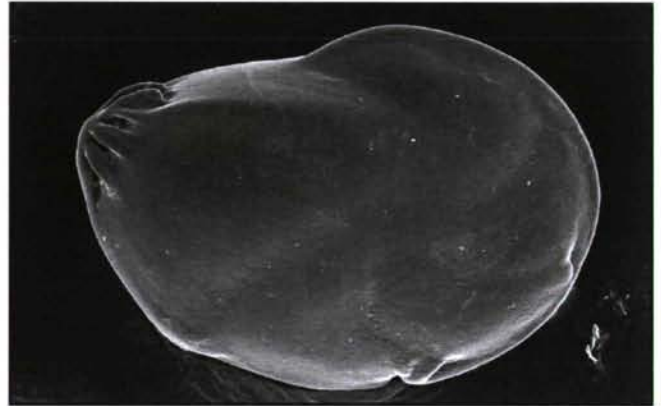
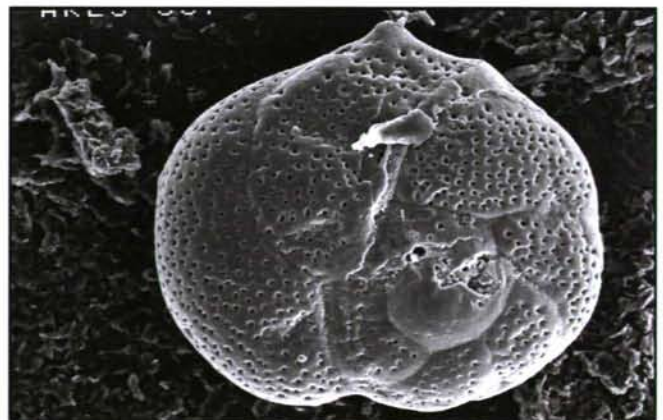


Foto 3- *Haynesia germanica* ERENBERG

Foto 4- *Rosalina globularis* d'ORBIGNY





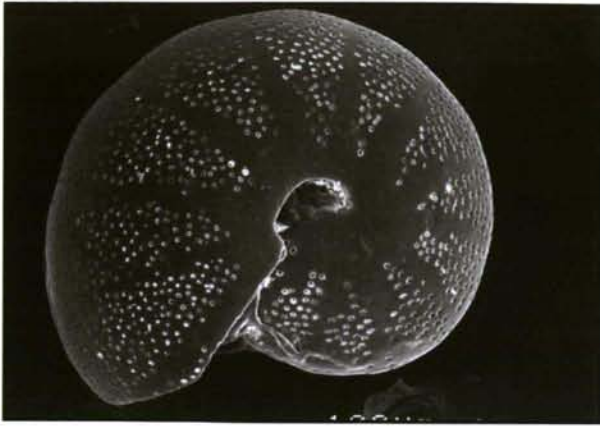


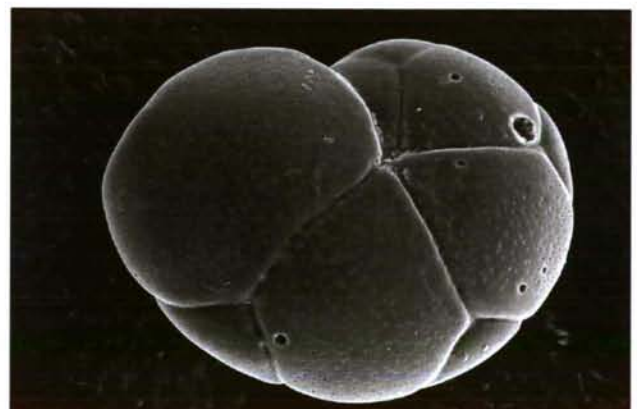
Foto 5- *Melonis barleeanum* WILLIAMSON

Foto 6- *Acervulina Inhaerens* SHULTZE



Foto 7- *Elphidium articulatum* d'ORBIGNI

Foto 8- *Cassidulina obtusa* WILLIAMSON



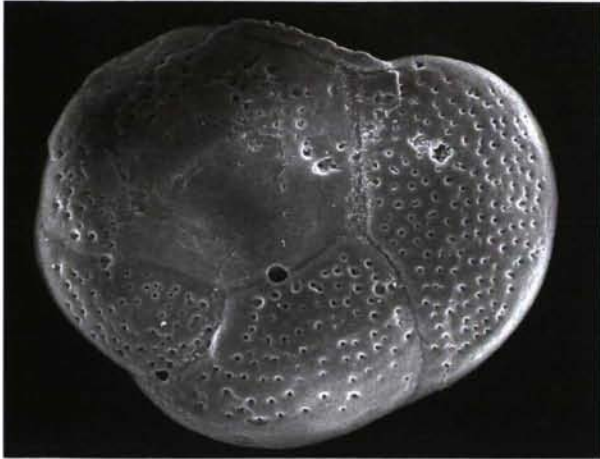


Foto 9-*Rosalina globularis* d'ORBIGNY

Foto 10-*Elphidium macellum* d'ORBIGNY

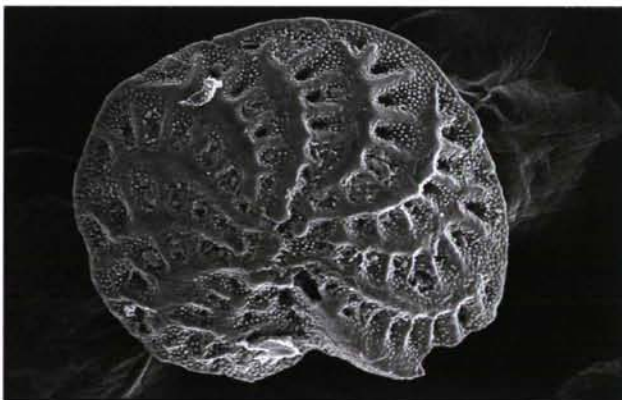


Foto 11- *Elphidium fitchelianum* d'ORBIGNY

Foto 12-*Elphidium macellum* d'ORBIGNY





Foto 13-*Quinqueloculina striata* d'ORBIGNY

Foto 14-*Quinqueloculina laevigata* d'ORBIGNY

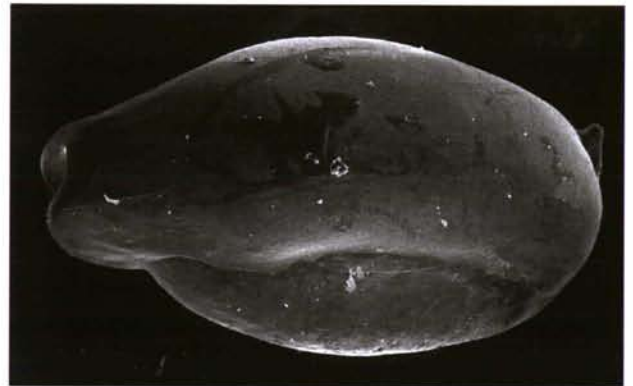


Foto 15-*Elphidium fitchelianum* d'ORBIGNY

Foto 16-*Quinqueloculina seminula* LINNE





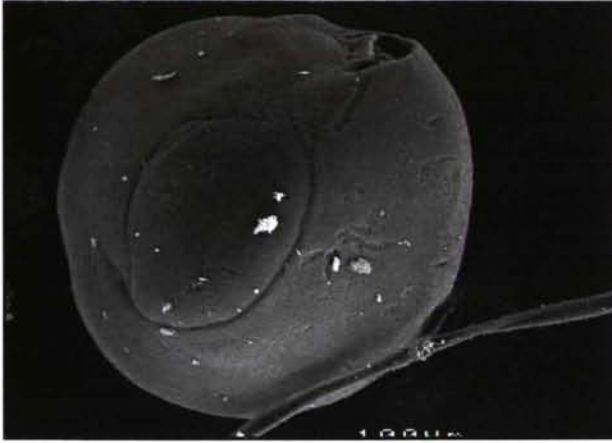


Foto 17-*Miliolinella subrotunda* MONTAGU

Foto 18-*Quinqueloculina lata* TERQUEM

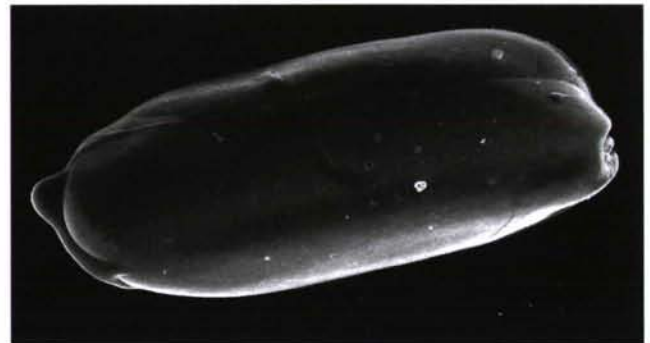


Foto 19-*Massilina secans* d'ORBIGNY

Foto 20-*Quinqueloculina vulgaris* d'ORBIGNY



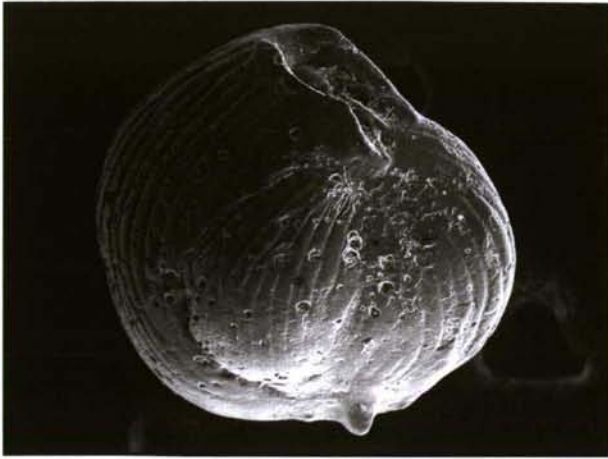


Foto 21-*Quinqueloculina* sp.

Foto 22-*Globulina myristiformis* WILLIAMSON

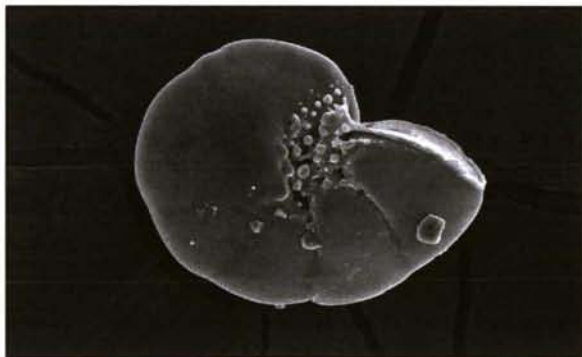


Foto 24-*Fissurina marginata* MONTAGU

Foto 23-*Haynesia* sp.

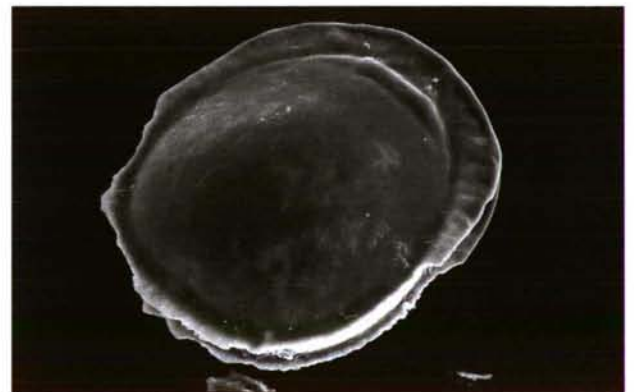




Foto 25-*Bolivina plicata* d'ORBIGNY

Foto 26-*Trifarina angulosa* WILLIAMSON

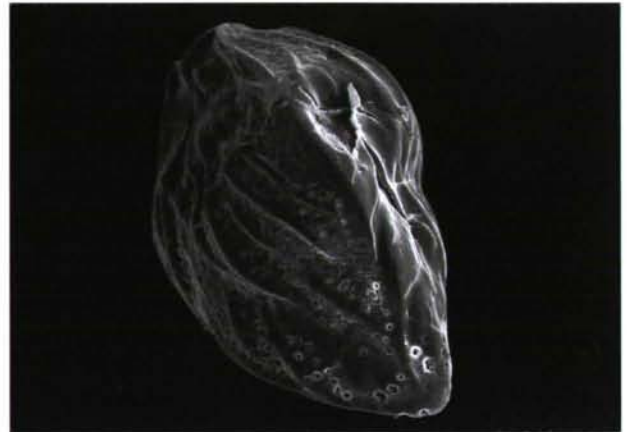


Foto 27-*Trifarina fornasini* SELLI



Foto 28-*Bulimina striata* d'ORBIGNY





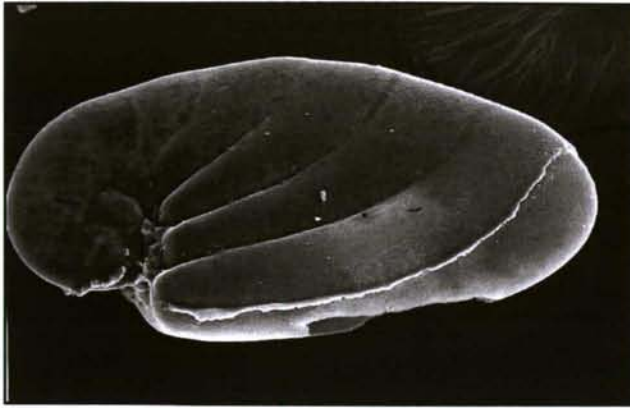


Foto 29-*Nonionella turgida* WILLIAMSON

Foto 30-*Bulimina elongata* d'ORBIGNY

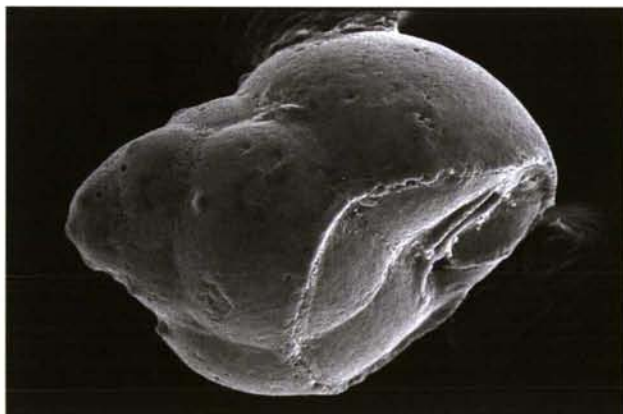
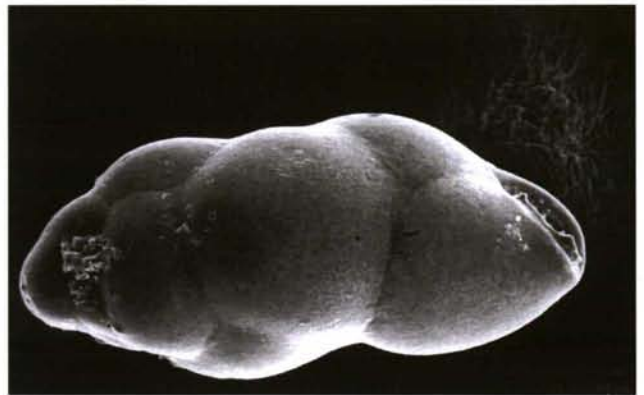


Foto 31-*Bulimina* sp.

Foto 32-*Bolivina plicata* d'ORBIGNY



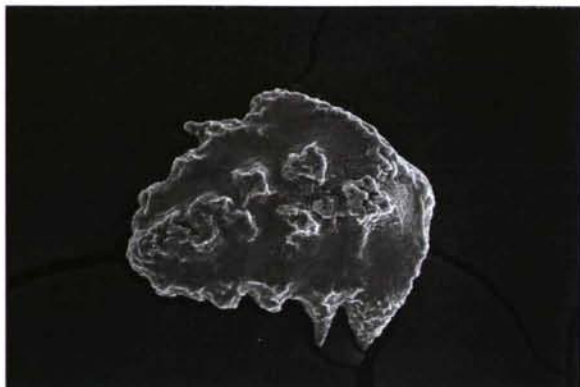


Foto 33-*Bolivina difformis* WILLIAMSON

Foto 34-*Planorbulina mediterranensis* d'ORBIGNY

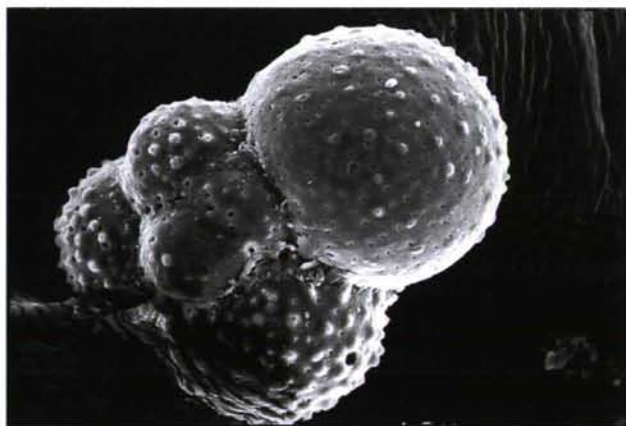
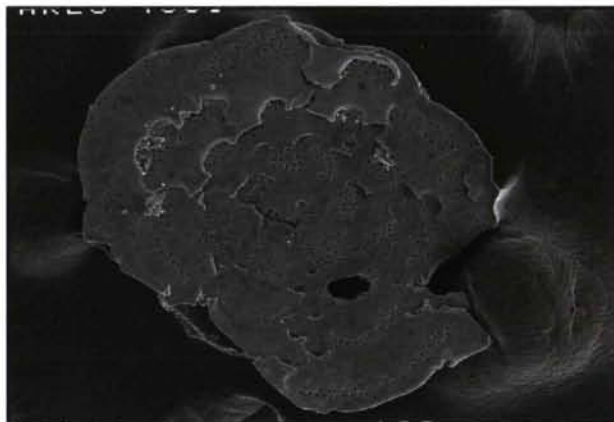


Foto 35-*Globigerina bulloides* d'ORBIGNY

Foto 36-*Bulimina marginata* d'ORBIGNY

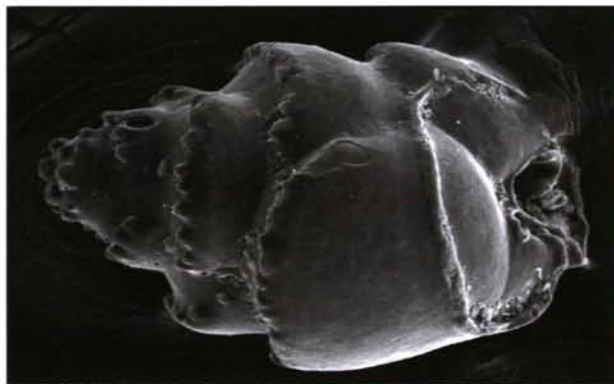




Foto 37-*Planorbulina acervalis* BRADY

Foto 38-*Planorbulina mediterraneensis* d'ORBIGNY

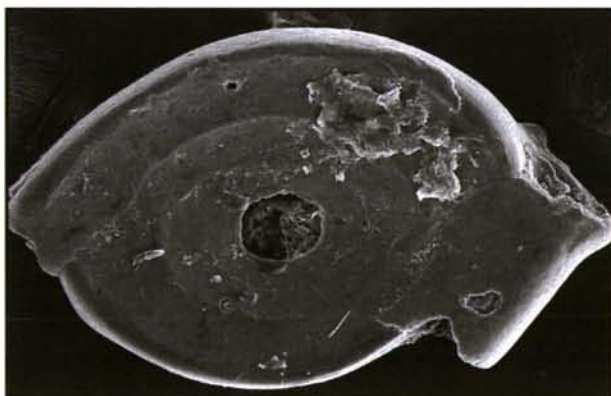
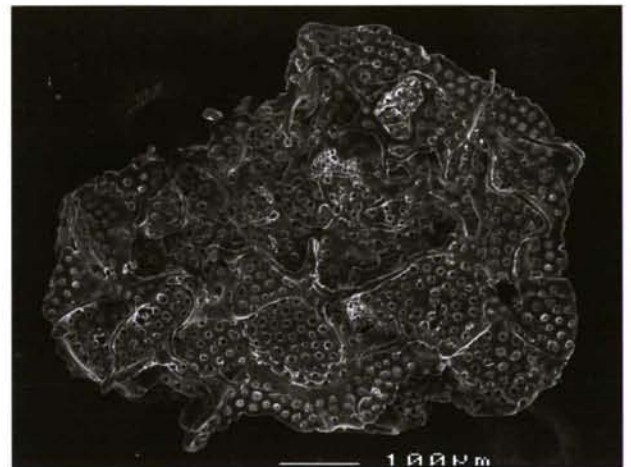


Foto 40-*Asterigerinata mamilla* WILLIAMSON

Foto 39-*Spiroloculina excavata* d'ORBIGNY





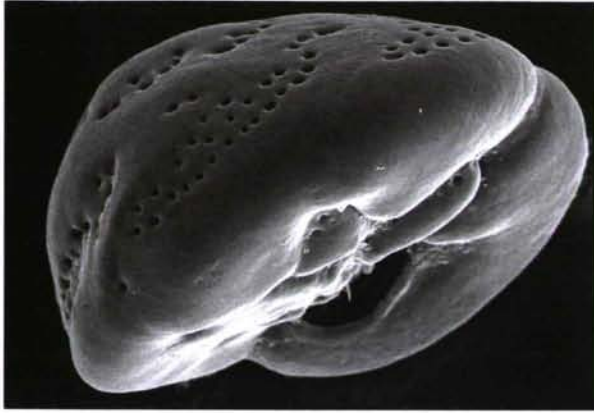


Foto 41-*Asterigerinata mamilla* WILLIAMSON

Foto 42-*Gavelinopsis praegeri* HERON-ALLEN&EARLAND



Foto 43-*Ammonia beccarii* LINNE

Foto 44-*Nonion commune* d'ORBIGNY





Foto 45-*Nonion commune* d'ORBIGNY

Foto 46- *Cibicides lobatulus* WALKER&JACOB

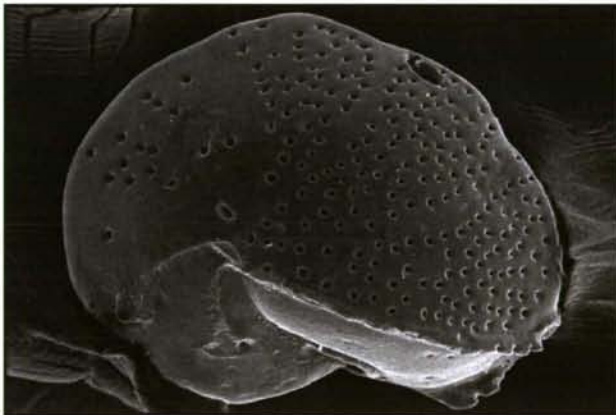
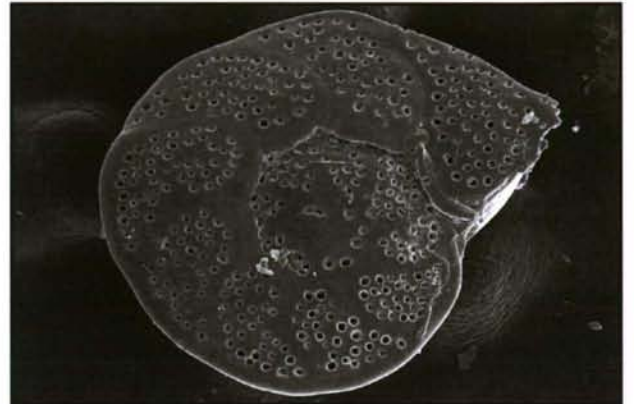


Foto 47-*Cibicides lobatulus* WALKER&JACOB

Foto 48-*Ammonia beccarii* LINNE



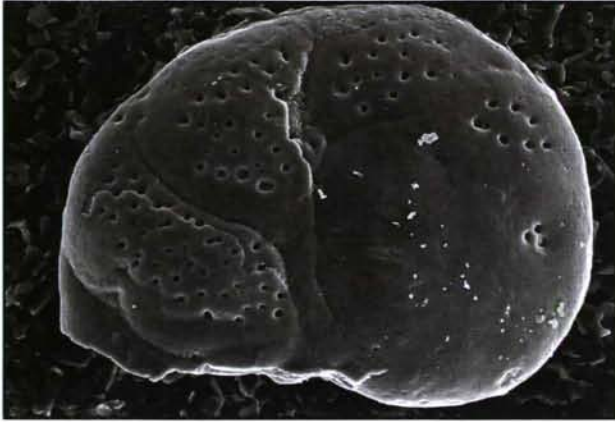


Foto 49-*Rosalina globularis* d'ORBIGNY

Foto 50-*Favulina melo* d'ORBIGNY

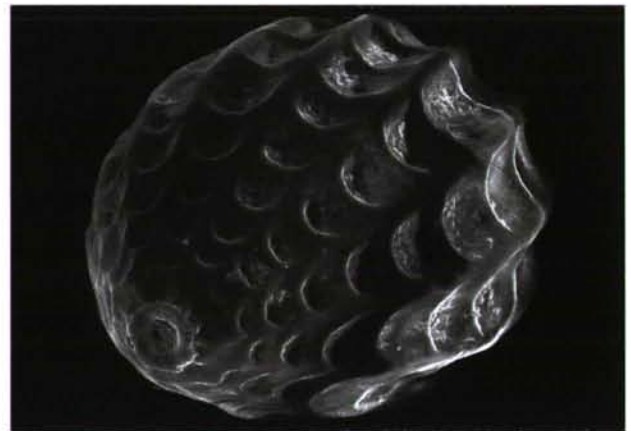


Foto 51-*Favulina melo* d'ORBIGNY

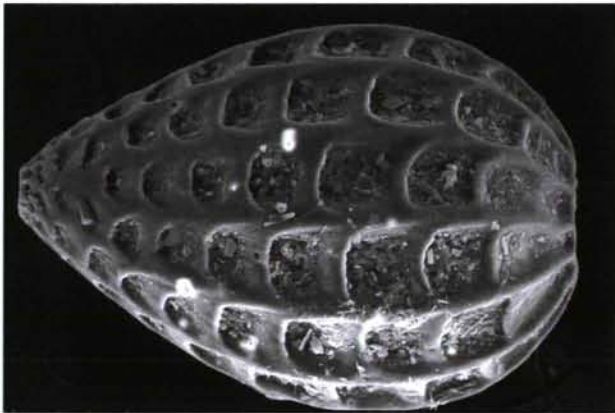


Foto 52-*Elphidium articulatum* d'ORBIGNY





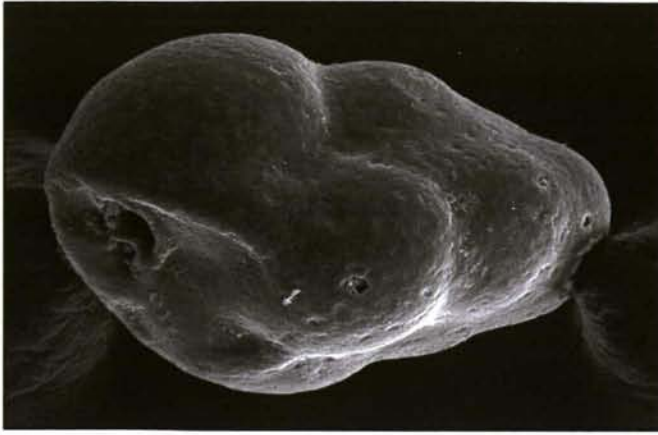


Foto 53-*Bulimina exilis* BRADY

Foto 54-*Rosalina globularis* var *anglica* CUSHMAN

